

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Un système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver

Scharff, Benoit

Award date:
1994

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Facultés Universitaires Notre-Dame de la paix, Namur
Institut d'Informatique

Année académique 1993-1994

**UN SYSTEME
D'AIDE A LA DECISION
EN CULTURE
DE FROMENT D'HIVER**

Benoit SCHARFF

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade
de Licencié et Maître en Informatique.

Promoteur: Mme Noirhomme-Fraiture

Résumé

Le but de ce mémoire est d'établir un système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver.

Celui-ci assistera l'exploitant agricole dans la gestion de ses cultures et dans ses prises de décision : sélection d'une variété pour une parcelle donnée, choix d'un traitement herbicide et des matières actives à utiliser, ...

Les outils utilisés sont Prolog et NDBS, un système de gestion de base de données défini à l'Institut d'Informatique des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur.

Abstract

The main objective of this work is to develop a decision support system for the cultivation of the winter wheat.

This one will assist the agricultural workers in managing their cultivations and determining which variety to select for a given soil or which treatment to apply,...

The used softwares are Prolog and NDBS, an entity-relationship databases management system defined at the "Institut d'Informatique" of the "Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix" of Namur(Belgium).

REMERCIEMENTS

Nous voudrions tout d'abord remercier Mme Noirhomme pour ses encouragements et ses conseils qui nous ont précieusement guidé, en nous permettant de davantage discerner les points essentiels de notre mémoire.

Nous adressons un vif merci à J. Thainese, directeur de la Loyola Academy d'Hyderabad, pour ses suggestions et ses réflexions quant à notre mémoire, ainsi que pour l'aide matérielle qu'il nous a offerte dans la prise de contacts avec M. Prasad, professeur à la Central University d'Hyderabad. Nous avons été sensible au temps que ce dernier nous a consacré, aux conseils qu'il nous a donnés et aux documents qu'il nous a prêtés.

Nous avons également apprécié l'accueil de la communauté jésuite de Loyola Academy.

Que M. Claustriax et ses collaborateurs de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux soient ici remerciés pour l'aide apportée, les suggestions quant au choix de l'objectif de notre mémoire et leurs publications.

Nous remercions aussi les agriculteurs rencontrés qui nous ont permis de confronter le quotidien des exploitants agricoles aux conseils donnés par les ingénieurs agronomes.

Nous avons également apprécié le soutien des assistants de l'Institut d'Informatique.

Enfin, nous voulons remercier notre famille et nos amis pour leurs encouragements.

PLAN

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1: L'AGRICULTURE EN BELGIQUE	6
Section 1: SITUATION GENERALE	6
1.1. Surface agricole utilisée	6
1.2. Main d'oeuvre agricole	7
1.3. Superficie cultivée par unité de main d'oeuvre	8
1.4. Les exploitations agricoles en Belgique et en Région wallonne	8
1.5. Les exploitations agricoles professionnelles en Région wallonne	10
1.6. Seuil de persévérance des exploitations agricoles professionnelles	12
1.7. Les productions agricoles en Belgique et en région wallonne	13
1.8. Les céréales	14
1.9. Exigences actuelles du secteur agricole	15
Section 2: PRODUCTION ET COMMERCE DU FROMENT	16
2.1. Le marché mondial du froment	16
2.2. Le marché CEE du froment	19
2.3. Le monde du froment en Belgique et en Région wallonne	20
Section 3: AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT	27
3.1. Principaux problèmes environnementaux résultant des activités agricoles	27
3.2. Les raisons de cette dégradation environnementale	30
3.3. Les mesures de protection de l'environnement	32
3.4. La situation de la législation environnementale en Belgique	35
CHAPITRE 2: AGRICULTURE ET INFORMATIQUE	37
2.1. Domaines d'application	37
2.2. Matériel nécessaire	40
2.3 Evolution	41
2.4. Conclusion	41

CHAPITRE 3: OBJECTIFS ET UTILITE D'UN SYSTEME D'AIDE A LA DECISION EN CULTURE DE FROMENT D'HIVER	42
3.1. Objectif de notre mémoire	42
3.2. Explication du choix de cet objectif	42
3.3. Présentation de ce système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver	45
3.4. Pourquoi cette relative indépendance entre les deux modules?	46
CHAPITRE 4: MODULE D'AIDE A LA DECISION	47
4.1. La sélection des variétés	47
4.2. Le semis	51
4.3. Le désherbage	54
4.4. La lutte contre la verse	58
4.5. La fumure azotée	59
4.6. Le calendrier des travaux agricoles	63
CHAPITRE 5: DESCRIPTION DE LA BASE DE DONNEES	64
5.1. Environnement de la base de données	64
5.2. Schéma conceptuel de la base de données	67
5.3. Spécifications de la base de données	68
5.4. Schéma NDBS de la base de données	72
CHAPITRE 6: FONCTIONS OFFERTES A L'UTILISATEUR	73
6.1. Liste des fonctions disponibles	73
6.1.1. Mise à jour d'informations	73
6.1.2. Consultation d'informations	74

6.2. Description des fonctions	75
6.2.1. Mise à jour d'informations	75
A. Création d'informations:	75
1. Création d'une entité EXPLOITATION	75
2. Création d'une entité CLIMAT	75
3. Création d'une entité CHAMP	76
4. Création d'une entité CULTURE	76
5. Création d'une entité OBSERVATION	77
6. Création d'une entité PROBLEME	77
7. Création d'une entité TRAITEMENT	78
B. Suppression d'informations:	79
1. Suppression d'une entité CULTURE	79
2. Suppression d'une entité CHAMP	79
3. Suppression d'entités CLIMAT	80
4. Suppression d'une entité EXPLOITATION	80
C. Modification d'informations:	81
1. Modification d'une entité EXPLOITATION	81
2. Modification d'une entité CLIMAT	81
3. Modification d'une entité CHAMP	82
4. Modification d'une entité CULTURE	82
5. Modification d'une entité OBSERVATION	83
6. Modification d'une entité PROBLEME	83
7. Modification d'une entité TRAITEMENT	84
6.2.2. Consultation d'informations	85
1. Consultation d'une culture	85
2. Consultation des observations effectuées sur une culture	85
3. Consultation des problèmes décelés sur une culture	86
4. Consultation des traitements effectués sur une culture	87
5. Consultation du champ sur lequel est effectuée une culture	88
6. Consultation des conditions climatiques subies par une culture	88
7. Consultation des cultures étant d'une espèce déterminée	89
8. Consultation des cultures touchées par un problème déterminé	89

9. Consultation des cultures sur lesquelles a été appliqué un type de traitement	90
10. Consultation des problèmes décelés entre deux dates et des cultures touchées	91
11. Consultation des traitements réalisés entre deux dates et des cultures traitées	92
12. Consultation des cultures cultivées à un moment déterminé	93
13. Consultation des cultures successives ayant été pratiquées sur un champ	94
14. Consultation des champs d'une exploitation	95
15. Consultation des informations relatives à une exploitation	95

CONCLUSION ET PERSPECTIVES	96
----------------------------	----

BIBLIOGRAPHIE	
---------------	--

ANNEXE	
--------	--

INTRODUCTION

Avant de décrire le système d'aide à la décision que nous avons établi, nous voudrions présenter le contexte de ce travail.

Le but initial de notre mémoire était de compléter le programme réalisé par J. Thainese dans le cadre de son mémoire de licence et maîtrise en informatique "A software for agricultural researchers in design and analysis of experiments".

Directeur de la Loyola Academy d'Hyderabad (Inde), J. Thainese a effectué cette licence et maîtrise à Namur.

Il a conçu un logiciel destiné à aider les ingénieurs agronomes qui travaillent dans le domaine de la recherche. Ce logiciel les assiste tant dans la conception de leurs plans d'expériences que dans l'analyse statistique et la présentation de leurs résultats.

Ce logiciel comprend une base de données définie en NDBS⁽¹⁾ dans laquelle l'ingénieur agronome peut enregistrer toutes les informations relatives à ses expériences, et les exploiter avec les fonctions d'analyse et de présentation des résultats fournies par ce logiciel.

Nous avons effectué notre stage de 3ème licence à Hyderabad, avec le soutien de J.Thainese et du professeur B.E. Prasad, professeur en intelligence artificielle à la CENTRAL UNIVERSITY d'Hyderabad.

Lors de ce stage, nous avons étudié les principes qui régissent la conception et la poursuite d'une expérience et l'analyse de ses résultats. Nous avons ensuite voulu concevoir un logiciel d'aide à la décision en plans d'expériences.

Ce logiciel aurait permis de mieux contrôler les différents facteurs et événements qui affectent une expérience, et de suggérer des décisions relatives à celle-ci en étant très attentif à conserver la validité et la précision des résultats finaux.

(1) NDBS est un système de gestion de base de données défini à l'Institut d'Informatique des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur.

Nous nous sommes alors rendu compte qu'il était très difficile d'établir des règles précises quant aux décisions à prendre lorsqu'une maladie, une sécheresse, ou un autre problème affectait une expérience. En effet, toute intervention qui vise par exemple à combattre une maladie ou un déficit en eau fausse souvent les conditions de l'expérience et donc la validité des résultats.

Nous avons pourtant commencé à écrire un module d'aide à la reconnaissance des maladies, en prenant le maïs comme cas d'application. Le but était de permettre aux chercheurs en agriculture de mieux contrôler l'état sanitaire des plants de maïs soumis à l'expérience.

Le langage prévu pour ce système étant un système expert, nous nous sommes familiarisé aux caractéristiques de ces langages.

Au fur et à mesure de notre travail, il nous est apparu qu'il serait beaucoup plus intéressant d'écrire un tel système d'aide à la décision pour des plants en culture plutôt que des plants en expérience.

Plusieurs facteurs jouent dans ce sens.

Tout d'abord, lorsqu'un même problème se présente en expérience ou en culture de production, les réactions seront très différentes. Ce qui est recherché en culture c'est sauver la récolte à tout prix, afin de la valoriser économiquement. Par contre en expérience, une intervention ne sera effectuée que dans la mesure où les résultats finaux n'en seront pas faussés.

Ensuite les parcelles dans lesquelles sont effectuées des expériences sont très surveillées. Par contre, les exploitants agricoles ont moins de temps à consacrer à la surveillance de leurs cultures qui est pourtant essentielle.

En effet, plus un problème est diagnostiqué précocement, plus il est facile d'y remédier.

Enfin, les exploitants agricoles sont beaucoup plus nombreux que les chercheurs.

L'utilité d'un système d'aide à la décision destiné aux exploitants agricoles nous semblait donc plus importante.

L'intérêt de ce genre d'outils informatiques nous a été confirmé lors des rencontres que nous avons eues avec certains exploitants agricoles.

Il nous a donc paru beaucoup plus opportun de construire un système d'aide à la décision en cultures de production, et non en plans d'expériences.

Il nous fallait aussi choisir une culture particulière à titre de domaine d'application.

De retour en Belgique, il nous est apparu que les informations relatives au maïs auxquelles nous pouvions avoir accès n'étaient pas suffisantes pour établir les règles de ce système.

De plus, le maïs n'est pas la culture la plus importante économiquement pour les exploitants agricoles belges. En effet, le froment est beaucoup plus représenté en Belgique que le maïs (14,5 % de la surface agricole contre 9,9 %); et cela se marque encore davantage en Région wallonne (17 % et 6,3 %).

Comme nous le verrons dans le chapitre 1, la concurrence est très forte sur ce marché du froment, que ce soit au niveau européen ou mondial. De plus, certaines pressions écologiques (justifiées) se manifestent aussi sur l'agriculture.

Enfin, nous pouvions obtenir beaucoup d'informations sur cette culture du froment à la Faculté des sciences agronomiques de Gembloux.

Il nous a alors semblé que c'était la culture que nous devions adopter.

Ce terme de froment recouvre en fait deux espèces assez différentes: le froment d'hiver auquel notre système d'aide à la décision est destiné, et le froment de printemps. Ce dernier est très marginal en Région wallonne; en effet, alors que près de 130 000 ha de froment d'hiver y sont cultivés, le froment de printemps ne représente que de 1000 à 3000 ha ces dernières années.

Il faut aussi envisager la question du matériel informatique dont disposent les exploitants agricoles.

Dans le chapitre 2, nous étudierons les caractéristiques des outils informatiques actuellement disponibles pour le monde agricole.

Mais nous pouvons déjà conclure que, comme le reste de la population, les agriculteurs se sont eux aussi mis à l'informatique, et que nombre d'entre eux disposent d'un PC, même s'il n'est pas toujours de la dernière génération.

Une contrainte qui nous est imposée est donc que ce système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver puisse tourner sur un PC non pourvu d'un disque dur.

La base de données que nous avons définie en NDBS est générale et permet d'enregistrer toutes les cultures agricoles.

Mais la base de règles que nous avons définie ne s'adresse qu'au froment d'hiver. Elle est écrite en Prolog.

Pour fournir la même aide à la décision à propos d'autres cultures, il faudra définir une nouvelle base de règles pour chacune d'entre elles.

Même si les outils informatiques occupent de plus en plus de place dans les exploitations agricoles, il faut souligner l'importance d'un carnet de champs pour l'agriculteur. Celui-ci lui permettra de noter l'évolution des cultures, leur stade, leur état sanitaire, la présence d'insectes nuisibles, et beaucoup d'autres observations lors de la tournée d'inspection de ses champs.

Rentré chez lui avec ces informations, il pourra alors utiliser efficacement les outils d'aide à la décision dont il dispose.

Dans le chapitre 1, nous présenterons l'agriculture belge, la place qu'y occupe le froment et les échanges auxquels celui-ci donne lieu, ainsi que les relations qui lient agriculture et environnement.

Dans le chapitre 2, nous étudierons les caractéristiques des outils informatiques destinés aux exploitants agricoles disponibles sur le marché.

Le chapitre 3 présentera l'objectif et l'utilité d'un système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver.

Le chapitre 4 présentera son module d'aide à la décision.

Dans le chapitre 5, nous décrivons la base de données qui permet d'enregistrer les informations relatives aux cultures.

Tandis que dans le chapitre 6 nous décrivons les fonctions qui permettent à l'utilisateur d'exploiter cette base de données.

CHAPITRE 1: L'AGRICULTURE EN BELGIQUE

Dans ce chapitre nous allons tout d'abord présenter la situation générale de l'agriculture en Belgique. Ensuite, nous examinerons les caractéristiques de la production du froment et de sa commercialisation. Enfin, nous traiterons des liens entre agriculture et environnement.

Section 1: SITUATION GENERALE

Afin de situer au mieux l'objet de notre mémoire, il s'avère opportun d'établir un relevé des différents indicateurs de l'agriculture en Belgique.

1.1. Surface agricole utilisée (SAU)

1.1.1. Situation et évolution

Sur base des statistiques de l'Institut Nationale de la Statistique (INS), l'évolution de la surface agricole utilisée peut être exprimée de la façon suivante :

Tableau 1 - Evolution de la SAU pour la Belgique et la Région wallonne de 1977 à 1991 (en hectares).		
	Belgique	Région wallonne
1977	1 458 686 ha	802 205 ha
1984	1 395 618 ha	772 215 ha
1991	1 350 028 ha	747 252 ha
Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991		

On constate, de 1977 à 1991, une réduction de 7,4 % de la surface agricole utilisée dans le pays, et de 6,8 % en Wallonie où elle semble s'accélérer.

Cette réduction de la SAU s'explique principalement par le fait que certaines terres - des prairies principalement - qui étaient affectées à l'agriculture ont trouvé une autre utilisation: zonings industriels, zones d'habitation,... On retrouve ici un rôle traditionnel de l'agriculture, gardienne de la terre et réserve de terrains disponibles.

1.2. Sa répartition

Il est intéressant de noter que la surface agricole utilisée en Belgique se répartit à concurrence de 55 % pour la Wallonie et de 45 % pour la Flandre.

1.2. Main d'oeuvre agricole

1.2.1. Situation

Au 15 mai 1991 (tableau 2), 86 567 personnes travaillaient à temps plein dans l'agriculture dont 29 384 en Région wallonne.

Tableau 2 - Main d'oeuvre agricole belge et wallonne en 1991. ⁽¹⁾		
	Belgique	Région Wallonne
Main d'oeuvre permanente	86 567	29 384
Main d'oeuvre temporaire	52 643	15 531
Total	139 210	44 915
Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.		

1.2.2. Répartition entre main d'oeuvre agricole permanente et temporaire en Belgique

La main d'oeuvre permanente représente 62% des emplois de l'agriculture et effectue 89% des travaux agricoles, tandis que la main d'oeuvre temporaire qui représente 38% des emplois n'effectue que 11% des travaux. (Voir note 1).

La situation en Région wallonne est très semblable.

(¹) L'INS considère qu'en moyenne une unité de main d'oeuvre temporaire effectue un cinquième du travail d'une unité permanente.

1.2.3. Répartition de la main d'oeuvre agricole permanente entre la Région wallonne et les autres régions du pays

Alors que la Région wallonne possède 55% des terres agricoles belges, elle n'emploie que 34% de la main d'oeuvre.

1.3. Superficie cultivée par unité de main d'oeuvre

Ainsi, en Belgique, chaque unité de main d'oeuvre travaille en moyenne 13,9 ha.

Mais en Région Wallonne cette superficie est de 23 ha.

Cela s'explique par les orientations différentes des productions pratiquées.

L'horticulture et les élevages porcin et avicole, surtout présents en Flandre, sont très peu liés au sol. Tandis que les grandes cultures et la production de viande bovine, surtout implantées en Wallonie, exigent de plus grandes surfaces agricoles et moins de main d'oeuvre.

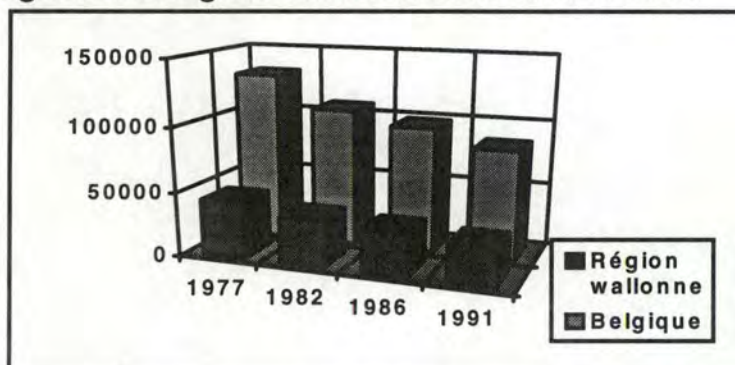
1.4. Les exploitations agricoles en Belgique et en Région wallonne

1.4.1. Situation et évolution des exploitations agricoles belges et wallonnes de 1977 à 1991

De 1977 à 1991, le nombre d'exploitations agricoles belges a diminué de 47131 unités dont 15318 unités pour la Région wallonne; soit une réduction annuelle de près de 2,5 % dans les 2 régions (Tabl.3 et Fig. 1).

Tableau 3 - Evolution du nombre des exploitations agricoles belges et wallonnes de 1977 à 1991		
	Belgique	Région wallonne
1977	131 359 expl.	43 658 expl.
1982	106 992 expl.	35 461 expl.
1986	97 192 expl.	32 339 expl.
1991	84 228 expl.	28 340 expl.
Source: INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.		

Fig. 1 - Evolution du nombre des exploitations agricoles belges et wallonnes de 1977 à 1991.



Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

1.4.2. Les raisons de cette réduction

Deux types d'exploitations se sont raréfiées:

- celles où le chef d'exploitation était retraité, mais conservait quelques terres et quelques bêtes afin de s'assurer un petit revenu complémentaire;
- celles où le chef d'exploitation avait un autre emploi, saisonnier ou à mi-temps, et pour qui le revenu agricole ne constituait qu'un complément.

Les caractéristiques communes de ces deux types d'exploitations sont peu de terres, très peu d'investissements, et peu de profit.

A la fin des années 70, l'agriculture connaissait les problèmes suivants.

Tout d'abord, la superficie des exploitations était trop faible, et ne permettait donc pas de financer les investissements qui auraient été nécessaires pour assurer leur viabilité. L'exploitation ne dégagait donc que peu de rendement et de profit.

Ensuite, beaucoup de responsables d'exploitation ne possédaient pas une formation suffisante à la gestion économique d'une ferme.

Enfin, de nombreux jeunes souhaitaient s'installer, mais les conditions de reprise d'exploitation, d'achat ou de location de terres décourageaient les candidats.

La CEE a donc pris un certain nombre de mesures destinées à moderniser l'agriculture.

D'une part elle a assuré un revenu de remplacement aux retraités qui cédaient leur exploitation et facilité la recherche d'un autre emploi pour les agriculteurs "amateurs".

D'autre part, elle a favorisé l'installation de jeunes agriculteurs par l'octroi de prêts et de primes.

1.5. Les exploitations agricoles professionnelles en Région wallonne

1.5.1. Nombre d'exploitations agricoles professionnelles en Région wallonne

En 1991 étaient présentes en Région wallonne 28.340 exploitations agricoles.

Parmi celles-ci, on comptait 19.360 agriculteurs et/ou éleveurs professionnels qui possèdent 688.473 ha , soit 92% de la SAU.

1.5.2. Répartition des exploitations agricoles professionnelles en Région wallonne selon leur classe de superficie et répartition de la superficie agricole utilisée

Le tableau 4 et les figures 2 et 3 ci-après montrent que :

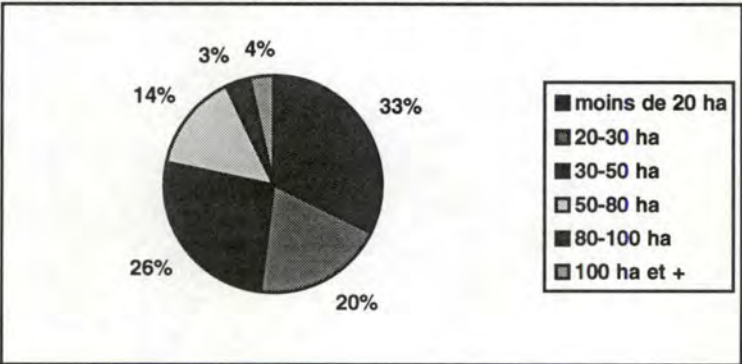
- près d'un tiers des exploitations occupent moins de 20 ha et couvrent à peine 10 % de la SAU;
- près de 61 % des exploitations ont une surface entre 20 et 80 ha et couvrent ainsi 67 % de la SAU;
- tandis que les 23 % de la SAU restants appartiennent à seulement 7 % des exploitations.

Ces exploitations professionnelles se répartissent ainsi :

Tableau 4 - Répartition des exploitations agricoles professionnelles en Région wallonne selon leur classe de superficie et répartition de la superficie agricole utilisée pour l'année 1991.		
Surface	% d'exploitations	SAU en %
Moins de 20 ha	32,36	9,82
20 - 30 ha	19,72	13,82
30 - 50 ha	26,49	28,73
50 - 80 ha	14,47	25,11
80-100 ha	3,38	8,38
100 ha et +	3,58	14,14

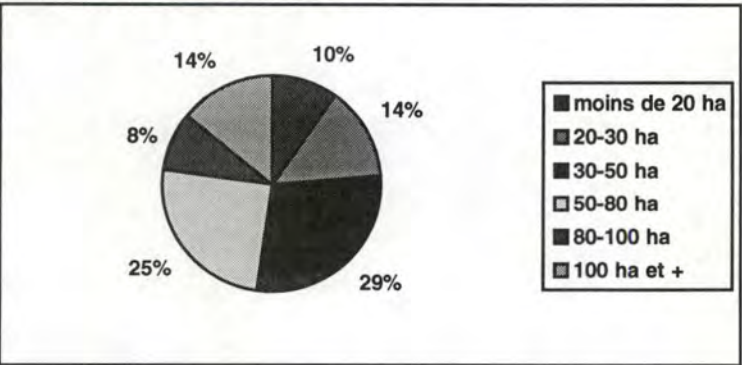
Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

Fig. 2 - Répartition des exploitations agricoles professionnelles en Région wallonne selon leur classe de superficie en 1991.



Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

Fig. 3 - Répartition de la superficie agricole utilisée selon les surfaces des exploitations agricoles professionnelles en Région wallonne pour l'année 1991.



Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

1.6. Seuil de persévérance des exploitations agricoles professionnelles

Ce seuil est déterminé par la superficie au-delà de laquelle le nombre d'exploitations tend à augmenter; en-deça il tend à diminuer.

Selon les données des recensements au 15 mai 1991, le seuil de persévérance est, en Région wallonne, légèrement inférieur à 50 ha.

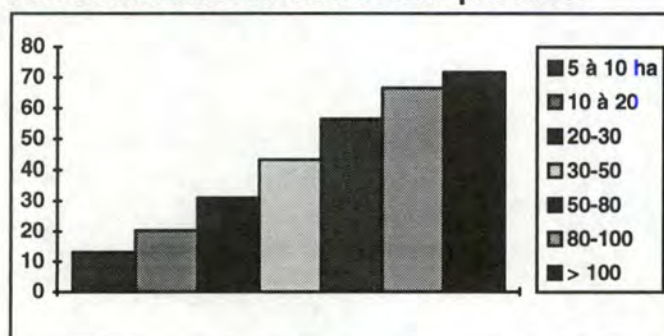
De plus, il est intéressant de noter que plus la superficie d'une exploitation est importante, plus la fréquence d'un repreneur connu l'est également (tableau 5 et figure 4).

Tableau 5 - Fraction des agriculteurs âgés de 50 ans et plus, déclarant avoir un successeur selon la superficie de l'exploitation pour l'année 1991.

Superficie de l'exploitation (ha)	Fraction des agriculteurs déclarant connaître un successeur (en %)
5 - 10	13,1
10 - 20	20,3
20 - 30	31,1
30 - 50	43,3
50 - 80	56,5
80-100	66,6
>100	71,8

Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

Fig. 4 - Fraction des chefs d'exploitation de plus de 50 ans connaissant un successeur possible.



Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

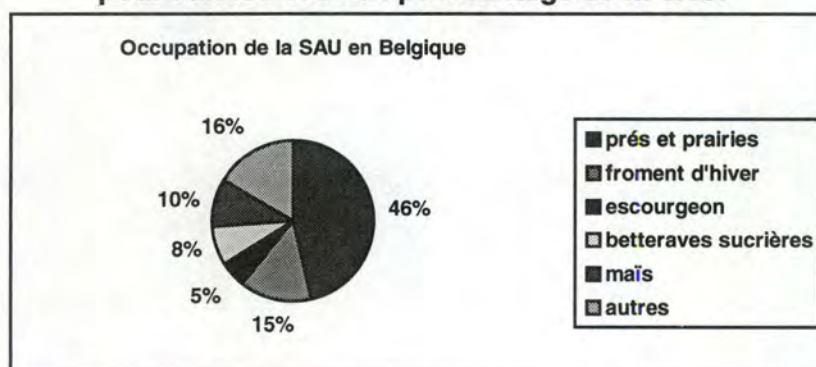
1.7. Les productions agricoles en Belgique et en Région wallonne

Le tableau 6 et les figures 5 et 6 nous présentent la répartition des productions agricoles en Belgique et en Région wallonne pour l'année 1991 en pourcentage de la SAU.

L'agriculture wallonne se caractérise d'abord par des productions animales surtout bovines liées au sol (50,8 % de la SAU), des productions de grandes cultures (céréales, plantes industrielles) et des cultures fourragères.

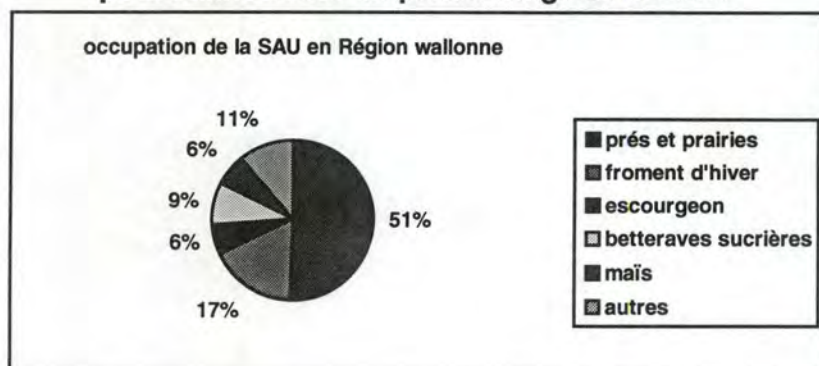
Tableau 6 - Répartition des productions agricoles en Belgique et en Région wallonne pour l'année 1991 en pourcentage de la SAU.		
Production	Région wallonne	Belgique
Prés et prairies	50,8	46,6
Froment d'hiver	17	14,5
Escourgeon	6,1	5,2
Betteraves sucrières	8,7	7,6
Maïs	6,3	9,9
Autres	11,1	16,2
Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.		

Fig. 5 - Répartition des productions agricoles en Belgique pour l'année 1991 en pourcentage de la SAU.



Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

Fig. 6 - Répartition des productions agricoles en Région wallonne pour l'année 1991 en pourcentage de la SAU.



Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

On retrouve ici la spécialisation différente des activités selon les régions.

En Région wallonne, la plus grande importance accordée aux prairies indique une spécialisation plus importante en élevage bovin. On constate aussi une plus grande importance accordée au froment, à l'escourgeon et aux betteraves.

1.8. Les céréales

En Belgique, les céréales occupent 310.000 ha, et le froment d'hiver 198.000 ha à lui seul, soit 64% de l'ensemble des céréales.

En Région Wallonne, la superficie en céréales est de 197.627 ha, soit 26,4% de la SAU wallonne, répartis entre 14.284 exploitations. Chacune de ces exploitations cultive donc en moyenne 13,8 ha de céréales.

Le froment d'hiver y occupe à lui seul 127.337 ha, soit 17% de la SAU.

Les céréales sont donc bien une des principales cultures belges, le froment d'hiver en particulier.

Nous développerons ce sujet dans la section suivante.

1.9. Exigences actuelles du secteur agricole

Tout d'abord, la taille des exploitations doit être suffisante, afin de permettre une véritable gestion d'entreprise, de rentabiliser les investissements nécessaires et d'assurer une bonne utilisation des machines.

Il doit aussi y avoir une certaine spécialisation des exploitations en cultures céréalières, en élevage, en production laitière, en betteraves...

Mais celle-ci doit rester modérée. En effet, des rotations bien raisonnées permettent de conserver le potentiel de production du sol, tandis que la pratique de monocultures épuise le sol assez rapidement, parfois en moins de 10 ans. De plus, certaines exploitations uniquement consacrées à l'élevage sont une source potentielle importante de pollution.

Le regroupement des agriculteurs en associations et coopératives est important: pour que ceux-ci puissent non seulement avoir du poids face aux meuneries, et aux industries agro-alimentaires, mais aussi diminuer leurs coûts fixes d'investissement et de gestion et obtenir de meilleures conditions d'achat des facteurs de production (semences, engrais, pesticides...) .

Le développement de véritables secteurs industriels serait aussi un atout pour le monde agricole. Les différentes branches du secteur agro-alimentaire devraient préciser exactement les critères auxquels doivent correspondre les productions afin que les exploitants puissent bien cibler leurs activités.

Enfin, la formation des chefs d'exploitation doit être solide, autant sur le plan des techniques agricoles que sur celui de la gestion.

Section 2: PRODUCTION ET COMMERCE DU FROMENT

Le froment est la céréale la plus cultivée au monde. Il en existe de nombreuses variétés s'adaptant aux multiples situations rencontrées.

Il est principalement cultivé dans les régions tempérées du globe, en effet il exige certaines conditions pour son développement : hiver ni trop long ni trop rigoureux, période de végétation suffisamment longue, ensoleillement de 12 à 14 heures par jour à certains stades de développement, disponibilité suffisante en eau.

Ainsi, en Europe, il ne peut être cultivé dans certaines régions nordiques de Suède, Finlande ou Russie; l'ensoleillement y étant insuffisant et les conditions climatiques trop rigoureuses.

De même, sa rareté relative dans les régions méditerranéennes (Sud de la France, Espagne, Grèce, ...) s'explique particulièrement par le manque de précipitations. Des travaux d'irrigation permettent bien sûr une telle culture mais ils sont assez coûteux et très consommateurs en énergie.

2.1. Le marché mondial du froment⁽¹⁾

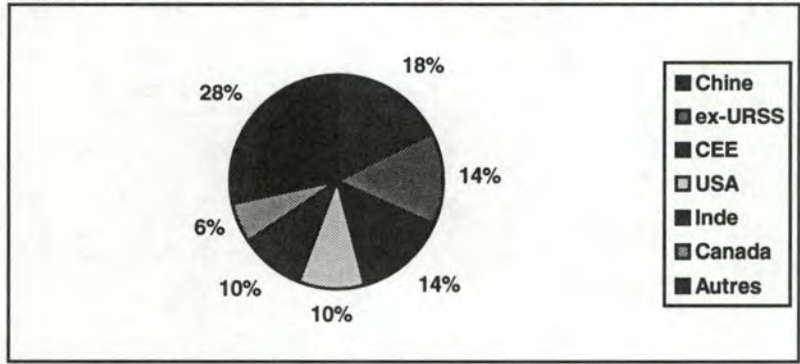
2.1.1. Production mondiale

Le tableau 7 et la figure 7 décrivent la répartition de la production mondiale en 1992 (548 millions de tonnes).

(1) Au niveau des marchés mondiaux, les statistiques relatives au froment (autrement appelé blé tendre) et au blé dur sont consolidées.

Tableau 7 - Production mondiale du froment en 1991 (en millions de tonnes).	
Pays producteur	Production (en millions de tonnes)
Chine	101
ex-URSS	78,5
CEE	77,6
USA	53,9
Inde	54,5
Canada	32,8
Autres	154,7
Total	548
Source : FAO - Annuaire production 1992.	

Fig. 7 - Répartition de la production mondiale de froment en 1991.



Source: FAO - Annuaire production 1992.

2.1.2. Les marchés internationaux

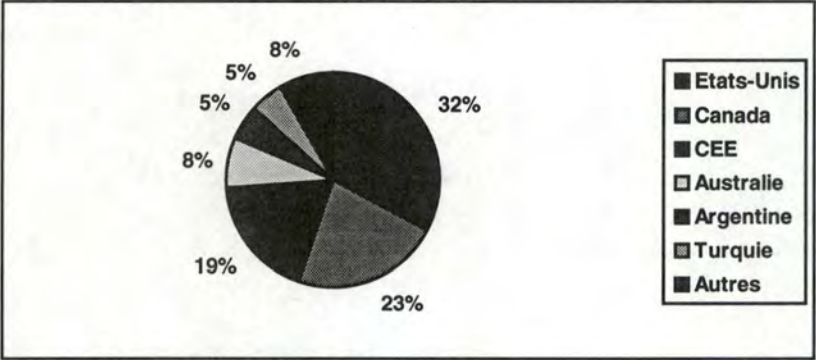
Le commerce international du blé porte sur environ 105 millions de tonnes.

Les principaux pays exportateurs sont les Etats-Unis, le Canada, la CEE, l'Australie et l'Argentine (tableau 8 et figure 8).

Les principaux pays importateurs sont l'ancienne URSS, la Chine, l'Egypte et le Japon (tableau 9 et figure 9).

Tableau 8 - Exportations de blé en 1991 (en millions de tonnes).	
Pays exportateur	Quantités (en millions de tonnes)
Etats-Unis	34,5
Canada	23,8
CEE	19,5
Australie	7,9
Argentine	5,3
Turquie	5,3
Autres	8,7
Source : FAO - Annuaire production 1992.	

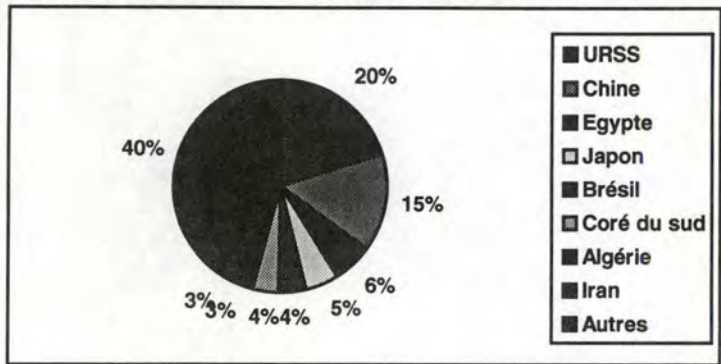
Fig. 8 - Répartition des exportations de blé en 1991.



Source : FAO - Annuaire production 1992.

Tableau 9 - Importations de blé en 1991 (en millions de tonnes).	
Pays importateur	Quantité (en millions de tonnes)
URSS	21
Chine	16
Egypte	6,2
Japon	5,5
Brésil	4,3
Corée du sud	3,9
Algérie	3,3
Iran	3
Autres	41,8
Source : FAO - Annuaire production 1992.	

Fig. 9 - Répartition des importations de blé en 1991.



Source : FAO - Annuaire production 1992.

2.2. Le marché CEE du Froment

La CEE produit annuellement 65 millions de tonnes de froment et le tableau 10 indique la répartition de cette production entre les principaux pays.

Tableau 10 - Répartition de la production de Froment dans la CEE en 1990.	
Pays	Part relative dans la production communautaire
France	40 à 50%
Royaume-uni	20 à 23%
Allemagne	15 à 17%
Italie	8 à 10%
Belgique	Environ 2%

Source : Eurostat - Rapport agricole 1991.

Les exportations s'élèvent à 15 ou 20 millions de tonnes et sont principalement destinées à l'URSS, l'Afrique et la Pologne.

La CEE importe 2 millions de tonnes de froment des Etats-Unis. Il est destiné à améliorer certaines caractéristiques du froment indigène en y intégrant un peu de froment importé.

2.3. Le monde du froment en Belgique et en Région wallonne

2.3.1. Production et superficie agricole utilisée par le froment

En Belgique, les céréales occupent 310.000 ha dont 198.000 ha de froment d'hiver.

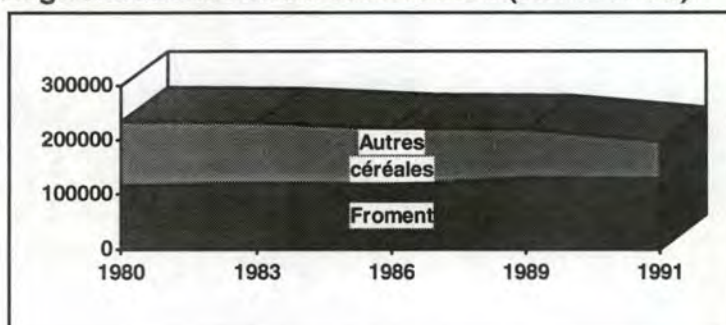
En Région wallonne sont cultivés 197.627 ha de céréales et 127.337 ha de froment (soit les 2/3 du pays).

La production annuelle belge est de 1.342.913 tonnes.

Le rendement moyen est de 69 quintaux par ha. Mais il peut y avoir de grosses différences: 78,3 qx/ha en province de Liège, mais seulement 58,4 en province de Luxembourg.

Alors qu'en Région Wallonne, entre 1980 et 1991, les emblavements en céréales ont diminué de 35.000 ha (-15,7 %), ceux de froment, compris dans ceux-ci, ont augmenté de 20.000 ha (+15,1 %). Toutes les autres céréales sont en régression. La part relative du froment d'hiver dans les céréales est ainsi passée de 47,2 % à 64,4 % entre 1980 et 1991 (Figure 10).

Fig. 10 - Evolution des emblavements céréaliers de la Région wallonne entre 1980 et 1991 (en hectares).



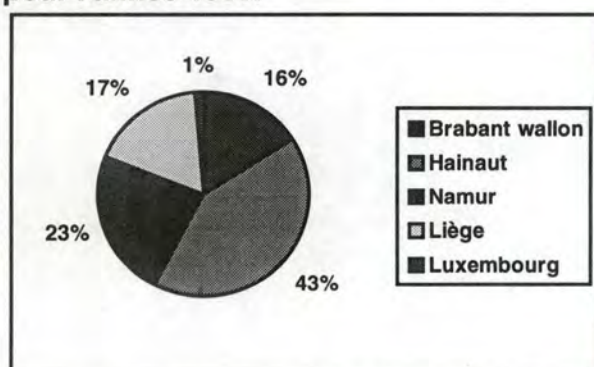
Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

Les cultures de froment d'hiver sont particulièrement importantes dans les provinces de Hainaut et de Namur; le rendement moyen le plus élevé est obtenu dans la province de Liège (Tableau 11 et figure 11).

Voici la répartition des cultures de froment d'hiver par province:

Tableau 11 - Répartition des superficies des cultures de Froment d'hiver des provinces wallonnes (ha) et répartition du rendement moyen (qx/ha) pour l'année 1991.		
Province	Surface en froment	Rendement moyen
<i>Brabant wallon</i>	20 272	
<i>Hainaut</i>	53 357	68
<i>Namur</i>	29 771	67,9
<i>Liège</i>	22 137	78,3
<i>Luxembourg</i>	1 620	58,4
Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.		

Fig. 11 - Répartition des superficies des cultures de froment d'hiver par province wallonne pour l'année 1991.



Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

2.3.2. Les exploitations agricoles orientées vers la production de froment

Au recensement agricole du 15 mai 1992, 25.629 exploitations produisaient du froment en Belgique, dont 10.503 en Région wallonne qui couvraient une superficie totale en froment de 129.488 ha (Tableau 12).

Tableau 12 - Répartition des exploitations produisant du Froment par classe de superficie et répartition de la SAU affectée aux cultures de Froment (ha) pour l'année 1991.

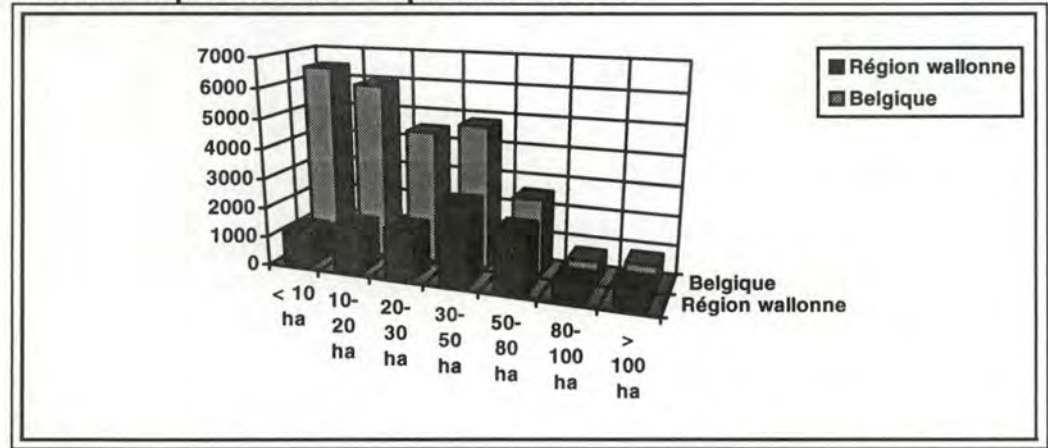
	< 10 ha	10-20	20-30	30-50	50-80	80-100	> 100	Total
Nombre d'exploitations	1 239	1 567	1 659	2 676	2 045	605	712	10 503
Superficie totale en Froment (ha)	2 259	6 624	10 783	26 231	34 519	15 166	33 906	129 488
Moyenne par exploitation (ha)	1,8	4,2	6,5	9,8	16,9	25,1	47,6	12,3

Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

On peut extrapoler que le froment d'hiver occupe en moyenne entre 25 et 30 % de la SAU de ces exploitations.

La figure 12 présente la répartition des exploitations par classe de superficie.

Fig. 12 - Répartition des exploitations orientées vers la production de froment par classe de superficie en 1991.

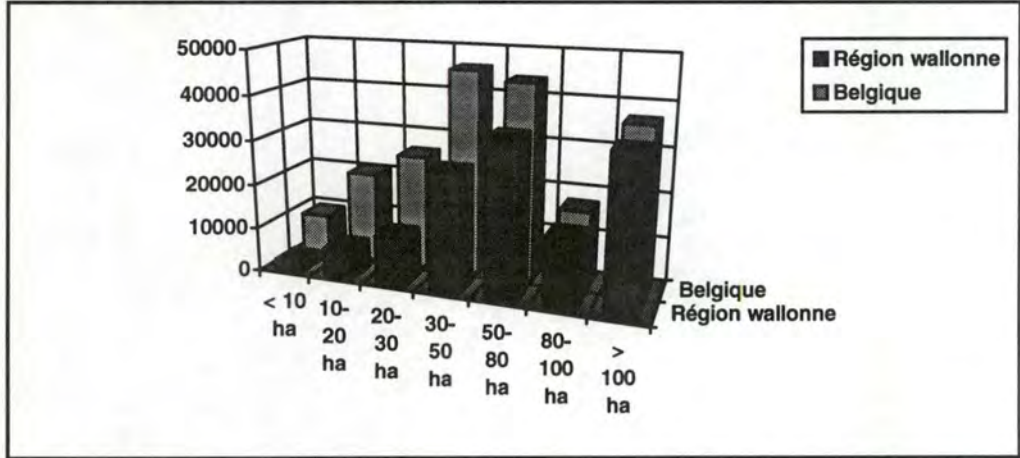


Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

On constate que les grandes exploitations produisant du froment sont surtout établies en Wallonie. A partir de 30 ha et surtout de 50 ha, elles sont majoritairement voire presque exclusivement situées au Sud du pays.

La figure 13 illustre la répartition de la superficie agricole affectée aux cultures de froment par classe de superficie des exploitations.

Fig. 13 - Répartition de la SAU affectée aux cultures de froment par classe de superficie en 1991 (en ha).



Source : INS - Recensement agricole et horticole au 15 mai 1991.

En Région wallonne, près de la moitié des emblavements en froment sont effectués dans les exploitations de 30 à 80 ha, et près du quart dans celles de plus de 100 ha.

2.3.3. Importations et Exportations de Froment ⁽²⁾

Les flux⁽³⁾ d'importations et d'exportations sur les marchés du froment d'hiver sont présentés ci-après. L'origine et la destination de ces flux seront détaillés plus loin.

Production belge	1360
Production luxembourgeoise	40
Production UEBL	1400

Importations	2480 dont	Grains: 2150
		Farine: 180
		Préparations: 150

Exportations	1960 dont	Grains: 830
		Farine: 890
		Préparations: 240

Consommation intérieure	1920
--------------------------------	-------------

Consommation intérieure :

Sur ces 1.920.000 tonnes de froment consommées par an en Belgique :

- 510.000 t sont destinées à l'alimentation animale;
- 460.000 t sont utilisées par l'industrie;
- 950.000 t de grains, correspondant à 720 000 t de farine, sont consommées par l'homme, soit une consommation de 69,3 kg/habitant.

⁽²⁾ L'entité pour laquelle nous disposons de données est l'Union économique belgo-luxembourgeoise (UEBL).

⁽³⁾ Il s'agit ici d'une comptabilité approchée, les différentes sources utilisées présentant parfois quelques différences (de l'ordre de 5 % maximum). Néanmoins, les informations qu'elle contient sont très représentatives. L'unité est de 1000 tonnes.

Importations :

2.150.000 t de **grains** sont importés avec pour origine :

- la CEE pour 1.990.000 t (France : 1.340.000 t, Allemagne : 475.000 t),
- les Etats-Unis et le Canada pour le reste.

La **farine** (180.000 t) provient quasi exclusivement de la CEE dont 98.000 t des Pays-Bas, 53.000 t de France et 30.000 t d'Allemagne.

Les 150.000 t de **préparations diverses** sont uniquement d'origine communautaire dont 60.000 t des Pays-Bas, 44.000 t de France et 27.000 t d'Allemagne.

Exportations :

L'UEBL exporte 830.000 t de **grains** dont :

- 92.000 t vers la CEE (Pays-Bas: 43.000 t et Allemagne: 35.000 t)
- 123.000 t en Ethiopie
- 62.000 t en URSS
- ainsi que vers de nombreux autres pays d'Afrique et d'Europe de l'Est.

890.000 t de **farine** ont pour destination: :

- la CEE (300.000 t) dont les Pays-Bas (174.000 t), la France (95.000 t) et l'Allemagne (24.000 t);
- ainsi que nombre de pays du monde entier pour des quantités moins importantes, aussi bien en Europe de l'Est qu'en Afrique, en Asie ou en Amérique latine.

240.000 t de **préparations diverses** ont essentiellement leurs débouchés dans la CEE (210.000 t) dont la France (87.000 t), les Pays-Bas (55.000 t) et le Danemark (34.000 t).

Il est important de souligner le poids économique des activités de meunerie en Belgique. Ainsi, durant la campagne 91-92, 1.820.000 t de froment en grains ont été transformées par ce secteur, dont 980.000 t indigènes et 806.000 t d'autres pays de la CEE.

On peut aussi constater qu'une large part du froment importé par la Belgique est en fait destiné à l'exportation vers des pays tiers, avec une éventuelle transformation dans notre pays.

Section 3: AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT

Il nous a semblé important de dresser un rapide bilan des pratiques agricoles et de leurs influences sur l'environnement, ainsi que de certaines législations existantes.

En effet, depuis quelques années, les conseils donnés par les ingénieurs agronomes en matière de travaux culturaux poursuivent un double objectif; tout d'abord une réduction des coûts de production vu la situation économique souvent difficile dans laquelle se trouvent les exploitations, mais aussi un meilleur respect et une meilleure conservation des terres et de leur potentiel de production, ainsi que de l'environnement en général.

Il est vrai aussi que les agriculteurs hésitent parfois à suivre ces conseils, craignant de moins bonnes récoltes et plus de risques de maladies.

3.1. Principaux problèmes environnementaux résultant des activités agricoles

Pour assurer la qualité des aliments que nous consommons, nombre de mesures légales ont été prises : limitation de l'utilisation des pesticides, des antibiotiques et des hormones de croissance, instauration de normes fixant les teneurs maximales en nitrates et en métaux lourds admissibles dans les aliments. Même si celles-ci ne sont pas toujours suffisamment restrictives, ni respectées par manque de contrôle, la situation est relativement bonne.

Toutefois, il ne s'agit pas de protection de l'environnement en tant que tel, mais de protection directe de l'être humain.

L'objectif de ces mesures est en effet de limiter les risques de cancers chez l'être humain, ainsi que d'autres effets néfastes sur la croissance des enfants ou chez les femmes enceintes.

Nous ne développerons donc pas ce point.

L'environnement dans lequel vit l'homme influence aussi son état de santé, l'eau et l'air en particulier.

Voici quelques sources de pollution de l'environnement par l'agriculture:

3.1.1. Effluents d'élevage

Les effluents d'élevage, le fumier et le lisier représentent un premier danger pour l'environnement.

Ces produits, lorsqu'ils sont épandus sur les terres (prés, prairies et cultures) améliorent la fertilité du sol. Mais cette pratique devient source de pollution lorsque les épandages sont trop importants ou effectués à de mauvaises périodes.

En cas de mauvaises conditions météorologiques (pluies importantes) ou de sol (sol nu ou gelé), une partie du lisier peut, par ruissellement, atteindre des eaux de surface et les polluer.

Lorsque les épandages sont trop importants, la végétation ne peut tout absorber et on assiste alors à une migration de nitrates - plus ou moins rapide selon le type de sol - vers les nappes phréatiques. Ce phénomène présente de nombreux risques pour l'être humain. En effet, les nitrates ingérés se transforment, au contact de certaines bactéries présentes dans l'organisme, en nitrites qui sont un poison qui peut être mortel à partir de certaines doses.

La situation en Wallonie est relativement saine. En effet, la plupart des exploitations agricoles sont mixtes, c'est-à-dire qu'elles combinent en même temps élevage et culture. Elles peuvent ainsi épandre sur leurs terres leurs effluents d'élevage.

Cependant, certaines situations locales peuvent être plus défavorables, principalement dans les régions davantage orientées vers l'élevage hors sol.

Mais il faut signaler que la plupart des compagnies de distribution d'eau observent une augmentation croissante de la concentration en nitrates dans les nappes phréatiques.

3.1.2. Erosion

Un autre danger est l'érosion des terres.

Bien sûr la pluie et le vent sont les principaux responsables de ce phénomène, mais celui-ci est renforcé par certaines pratiques agricoles : suppression des haies, passages fréquents de lourds engins agricoles, choix de cultures érosives ou laissant le terrain nu trop longtemps (maïs par exemple), etc.

3.1.3. Pesticides

Une mauvaise utilisation des pesticides présente aussi de nombreux risques. Ceux-ci sont répartis en trois catégories de produits : insecticides, herbicides et fongicides.

L'utilisation excessive d'insecticides et d'herbicides provoque des déséquilibres écologiques et des perturbations dans les cycles naturels et accroît la résistance des espèces nuisibles.

L'utilisation de fongicides permet de lutter contre certains champignons parasites; mais ces produits sont souvent à base de mercure, lequel se retrouve dans le sol. De plus, on assiste au développement de variétés résistantes.

Par ailleurs, leur utilisation dans des conditions climatiques défavorables peut non seulement les rendre inefficaces, mais surtout provoquer une pollution à long terme des sols, des eaux de surface par ruissellement, et des eaux souterraines par migration.

3.1.4. Autres risques

Un danger est aussi la perte de fertilité des sols. Elle peut provenir de certaines pratiques citées ci-dessus, de la pratique de monocultures sur certaines terres ou de rotations trop courtes ou mal adaptées.

Le sol n'a alors plus la possibilité de reconstituer ses réserves, en matière organique par exemple.

Il est possible de combler ces déficiences à court terme par des assolements adaptés, mais cette mesure ne peut à elle seule reconstituer la richesse organique et minérale du sol à moyen et long terme.

3.2. Les raisons de cette dégradation environnementale

Nous allons examiner l'évolution qui a conduit à cette situation.

Traditionnellement, l'agriculture a toujours eu différents rôles:

- satisfaction des besoins alimentaires;
- gestion des équilibres naturels;
- entretien d'un cadre de vie agréable;
- fourniture d'emplois en milieu rural.

Ces trois derniers rôles ont été peu à peu oubliés au profit d'une politique productiviste.

En effet, après la seconde guerre mondiale, la politique des différents gouvernements européens et de la CEE a été de promouvoir l'autosuffisance alimentaire; elle a favorisé cette évolution productiviste et la recherche de rendements toujours meilleurs, au détriment des autres rôles de l'agriculture.

Cette explosion des rendements a été rendue possible par la sélection des variétés et le développement d'engrais chimiques et de pesticides.

Aujourd'hui, alors que la Communauté a atteint cet objectif pour de nombreux produits (tableau 13), il lui est difficile de modifier sa politique agricole et donc les pratiques des agriculteurs.

**Tableau 13 - Taux d'auto-approvisionnement de la
Communauté Européenne en production agricole pour
l'année 1990.**

Production	Taux d'auto-approvisionnement (en %)
Céréales	120
Maïs	101
Pommes de terre	100
Légumes frais	106
Oeufs	102
Boeuf	100
Veau	115
Porc	103
Volaille	104

Source: Commission des Communautés Européennes - Documentation
européenne: Notre avenir agricole - 1993.

Mais, l'auto-approvisionnement pour certains produits n'est toujours pas assuré: fruits frais (85 %), agrumes (70 %), viandes ovines et caprines (82 %), graisses et huiles (70 %).

Il est aussi intéressant de constater que la Communauté importe parfois des quantités importantes de certaines productions (par exemple céréales et viandes), alors qu'elle est en fait autosuffisante pour ces produits, et même que les excédents de production communautaire sont très importants.

Le seul objectif est alors de respecter certains accords commerciaux.

En 1982, la CEE a, pour la première fois, fait une déclaration d'intention de prise en compte de l'environnement dans ses politiques agricoles. On peut remarquer que, de réforme en réforme, de plus en plus d'importance est accordée à cette question; mais ce souci a du mal à s'incarner en mesures concrètes: il existe de puissants lobbies agro-chimiques, mais surtout il est difficile de trouver le bon équilibre entre respect de l'environnement et maintien du revenu des agriculteurs.

3.3. Les mesures de protection de l'environnement

Voici un ensemble de politiques et de mesures qui permettent de mieux prendre en compte cette dimension environnementale.

3.3.1. Intégration des politiques d'environnement et des politiques agricoles

Un premier moyen d'améliorer cette adéquation entre nécessité de protéger l'environnement et objectifs de l'agriculture est de favoriser les discussions entre ces deux domaines, d'évaluer les effets d'une politique sur l'autre, et ainsi de mieux prendre en compte les intérêts de tous.

La gestion de l'environnement doit être globale. Protection des haies, des sols, des eaux de surface et souterraines, des paysages et des forêts sont en effet très complémentaires.

Evaluer avant son exécution les effets qu'aurait sur l'environnement une politique agricole particulière permet de corriger celle-ci si certaines retombées sont négatives.

De même, il faut que les mesures prises en matière de protection de l'environnement ne mettent pas en péril la survie de l'agriculture. En effet, celle-ci est sujette à une grande inertie, et même si certaines pratiques doivent absolument être modifiées, il faut laisser le temps aux agriculteurs de s'informer, de s'adapter et peut-être leur accorder certains subsides les encourageant à modifier leurs pratiques, sans que leurs revenus à court terme ne baissent trop brutalement.

Il faut aussi remarquer que souvent un optimum de rentabilité à moyen et long terme va de pair avec le respect du milieu naturel et une utilisation raisonnée d'agents "polluants" (nitrates, pesticides,...).

Il est intéressant de constater qu'en Région wallonne un seul ministre est responsable et de l'environnement, des ressources naturelles et de l'agriculture; ce qui facilite certainement cette intégration.

3.3.2. Information des agriculteurs

Une mesure importante serait de mieux informer les agriculteurs des dangers de mauvaises pratiques agricoles pour eux-mêmes et pour l'environnement.

Les législations auxquelles ils sont soumis devraient davantage leur être rappelées.

Ils devraient aussi être mis au courant de méthodes plus respectueuses de la nature et des codes de bonnes pratiques agricoles.

3.3.3. Contrats de gestion

Une solution à court et moyen termes est aussi d'encourager les agriculteurs à jouer pleinement leur rôle de gestionnaire de l'équilibre naturel et du cadre de vie en les rémunérant lorsqu'ils prennent des mesures volontaristes: protection des haies, mesures anti-érosives (maintien des terrasses), utilisation limitée des pesticides, élevages en plein sol...

3.3.4. Législations restrictives et application du principe pollueur-payeur

La législation reste bien sûr un moyen très efficace pour faire évoluer les pratiques agricoles soit par l'interdiction, soit par la réglementation: limitation du nombre de bêtes en fonction de la superficie de l'exploitation, interdiction de certains pesticides, règlements concernant les périodes d'épandage, ...

Mais pour que celle-ci soit respectée, il faut d'une part qu'elle soit adaptée et applicable dans la pratique, et d'autre part que des contrôles suffisants soient exercés.

L'application du principe pollueur-payeur peut aussi permettre de limiter les nuisances imposées à l'environnement. Ainsi, des taxes levées sur certains moyens de production (fumure azotée, engrais chimiques, pesticides) imposeraient aux agriculteurs de limiter les doses qu'ils appliquent à celles qui sont réellement nécessaires.

3.3.5. Orientations de l'agriculture

La politique agricole de la Communauté Européenne est aussi à revoir. Ainsi les politiques de prix garantis ont eu comme conséquence de modifier les méthodes de culture et d'élevage en faveur du rendement et au détriment de l'environnement.

Certaines régions se sont aussi spécialisées en monocultures ou en un nombre limité de cultures pratiquées en rotations courtes, appauvrissant ainsi de plus en plus le sol.

La politique de la Communauté Européenne devrait être revue et adaptée en fonction des pays et des régions, afin de favoriser un plus grand respect et une protection de l'environnement local, afin de promouvoir les cultures et les rotations qui respectent davantage les sols, et de garantir un revenu acceptable aux agriculteurs en misant davantage sur la qualité environnementale des productions que sur leurs rendements.

3.4. La situation de la législation environnementale en Belgique

Voici un aperçu des législations existantes dans notre pays.

3.4.1. Classification de certains établissements

Tout d'abord certains établissements agricoles sont considérés comme dangereux, insalubres ou incommodes; de ce fait ils exigent l'obtention d'un permis d'exploitation, en principe lié à certaines mesures de protection de l'environnement. Cela concerne en particulier les porcheries, étables, élevages de volaille et dépôts de fumier et/ou d'engrais, dès qu'ils dépassent une certaine taille, relativement faible.

3.4.2. Protection des eaux de surface

Le déversage d'effluents d'élevage est interdit.

Pour déverser des eaux usées agricoles dans les eaux de surface, il est nécessaire de posséder une autorisation.

Par contre, tout agriculteur peut déverser certaines eaux usées agricoles à l'égout lorsqu'elles sont considérées comme eaux usées domestiques normales. Localement, cela ne pose pas de problèmes de pollution. Mais si une grosse exploitation effectue un déversage important ou si plusieurs petits déversements sont effectués en même temps dans différentes exploitations, on assiste alors parfois à une pollution des eaux de surface.

Il y a perception d'une taxe sur les eaux usées et des contrôles réguliers sont effectués en ferme.

Certains règlements existent concernant l'épandage d'effluents d'élevage:

- l'apport annuel total d'azote ne doit pas dépasser 400 kg par hectare;
- l'épandage est interdit lorsque les risques de ruissellement sont importants (stagnation, terrain trop en pente, à moins de 10 mètres des berges d'un cours d'eau ou d'un fossé, sur sol gelé, ...).

3.4.3. Protection des eaux souterraines

La loi laisse la possibilité au Gouvernement de prendre des mesures en matière de protection des points de captage d'eau. Il peut interdire ou réglementer le dépôt, l'enfouissement ou l'épandage d'effluents d'élevage autour de ces sources.

3.4.4. Autres législations

Il est interdit de pulvériser certains insecticides en période de floraison, afin de protéger les abeilles, responsables de près de 80 % des pollinisations totales de l'ensemble des espèces naturelles.

CHAPITRE 2: AGRICULTURE ET INFORMATIQUE

Nous allons présenter dans ce chapitre l'ensemble des outils qu'offre l'informatique aux exploitants agricoles.

Une large variété de logiciels et de systèmes informatiques sont en effet conçus pour les agriculteurs. En octobre 1993, le Ministère de L'Agriculture de la Région wallonne en a répertorié 60 ⁽¹⁾.

2.1 Domaines d'application

Ces programmes peuvent être classés en fonction de leur domaine d'application. On peut en déterminer clairement trois:

- les logiciels à vocation comptable générale, destinés à la gestion de l'exploitation dans son ensemble, et parfois même à une gestion et une analyse de groupe;
- les logiciels destinés aux productions animales;
- ceux prévus pour les productions végétales.

Les logiciels inventoriés par la Région wallonne se répartissent de la manière suivante:

- 22 % à vocation comptable;
- 55 % à destination des productions animales;
- 23 % traitant de productions végétales.

Le coût de ces logiciels est en moyenne de 30.000 à 50.000 F, ce prix comprenant le coût du module de base pour certains d'entre eux.

En effet, de nombreux logiciels destinés aux productions animales ou végétales sont en fait des modules complémentaires à un module de base dont la fonction est la gestion comptable de l'exploitation.

⁽¹⁾ Ces logiciels sont présentés dans la brochure "L'informatique au service de l'agriculture, catalogue 1993", publiée par la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux.

2.1.1 Les logiciels à vocation comptable

Nombre d'organismes agricoles ou para-agricoles souhaitent analyser les résultats de groupes d'exploitations.

Quelques logiciels leur permettent d'établir la répartition moyenne des charges entre les différents facteurs de production et celle des recettes.

Ils offrent aussi la possibilité de mener des analyses par produit agricole.

Ces informations sont alors mises à la disposition des exploitants qui peuvent analyser leur gestion en la comparant à celle des autres exploitations.

Il existe surtout de nombreux logiciels dont le but est de permettre à l'exploitant d'établir sa comptabilité et de bien répercuter l'ensemble de ses coûts, y compris les charges d'intérêt sur les emprunts, les frais fixes ou les amortissements, sur l'ensemble de ses productions.

Cette gestion économique des exploitations est aujourd'hui un aspect essentiel du métier d'exploitant agricole. En effet, nous savons que la superficie de celles-ci continue à croître régulièrement ainsi que leur complexité de gestion.

De plus, l'endettement des exploitations est très important. En France l'endettement moyen d'une exploitation représente aujourd'hui trois fois la valeur ajoutée qu'elle produit annuellement. Ce rapport est de un à cinq aux Pays-Bas.

2.1.2 Logiciels de gestion des productions animales

Les logiciels de gestion des productions animales ont pour objectif la sélection du bétail, la distribution programmée d'aliments concentrés ou le suivi journalier des bêtes.

2.1.3 Logiciels de gestion des productions végétales

La plupart des logiciels de gestion de productions végétales sont en fait un module complémentaire à un logiciel de comptabilité et permettent d'enregistrer tous les travaux effectués sur la parcelle.

Leur objectif n'est pas de donner des conseils en matière de traitements, mais uniquement d'enregistrer les coûts relatifs à chaque parcelle: utilisation des machines et de la main d'oeuvre, fumure, protection fongicide, insecticides, produits de lutte contre la verse...

A partir de ces quantités de facteurs de production utilisées et de leur coût unitaire, ces logiciels établissent et répartissent les charges par parcelle et par production agricole.

Ces outils sont utiles car ils permettent à l'exploitant de visualiser les coûts de chaque parcelle ou de chaque activité, et donc de mieux les contrôler. Mais ils ne donnent pas de conseils pour diminuer ceux-ci.

Ces logiciels offrent également à l'agriculteur la possibilité de comparer les coûts de production d'une même culture entre différentes parcelles ou entre saisons culturales différentes.

Ainsi, il peut comparer les rendements obtenus et l'utilisation des facteurs de production appliqués. Cela lui permet de déterminer l'incidence favorable ou défavorable des différentes actions sur les cultures.

2.2 Matériel nécessaire

Ces outils et logiciels informatiques nécessitent bien sûr un ordinateur comme support. Nous pouvons distinguer trois types d'équipements très différents.

Tout d'abord, les quelques logiciels à vocation d'analyse de la gestion de groupes d'exploitations exigent des ordinateurs relativement puissants (VAX de DIGITAL...). Mais ceci n'est pas un obstacle car ces logiciels sont destinés aux organismes para-agricoles.

Ensuite, on peut parler de véritable robotisation pour certains logiciels de gestion de productions animales, en particulier pour ceux dont l'objectif est la distribution d'aliments concentrés.

En effet, il s'agit de systèmes où chaque animal porte un collier émettant un signal - différent pour chaque bête - qui est capté par un récepteur lorsqu'il veut manger. Si l'animal n'a pas encore reçu la ration à laquelle il a droit, le système va lui distribuer des aliments; dans le cas contraire, il va les lui refuser.

Le système pourra aussi constater qu'une bête ne s'alimente plus suffisamment et lancer un avis à l'exploitant.

Certaines installations permettent également d'enregistrer automatiquement la production laitière de chaque vache, à condition que l'exploitant possède l'entièreté du matériel nécessaire.

Dans ces installations, le matériel "informatique" nécessaire ne se limite donc pas à un ordinateur. Les modules de gestion, des boxes d'alimentation adaptés, des colliers émetteurs ou des compteurs à lait sont tout aussi nécessaires.

Enfin, tous les autres logiciels sont conçus pour tourner sur PC. Les configurations nécessaires varient d'un logiciel à l'autre, mais la plupart nécessitent la présence d'un disque dur.

Quelques programmes plus exigeants nécessitent un PC 286.

2.3 Evolution

Tout d'abord, il faut remarquer que chaque mois de nouveaux logiciels à vocation agricole sont commercialisés. Ceux-ci suivent l'évolution du marché des ordinateurs et exigent des PC de plus en plus puissants. On constate ainsi que certains nouveaux logiciels réclament des PC 386 ou 486 et Windows 3.1.

Sur ce marché des aides informatiques à l'agriculture se développent également quelques banques de données.

Pour l'instant celles-ci ne sont pas nombreuses en Belgique et ne s'adressent pas à la gestion des productions végétales, mais leur potentiel de développement est important.

Par contre, en France, elles sont beaucoup plus nombreuses car le Minitel, présent actuellement dans plus de 6 millions de foyers, et donc chez des dizaines de milliers d'agriculteurs, a été un vecteur de développement très important.

2.4 Conclusion

Excepté un logiciel de prévisions de fumure azotée édité par l'unité de phytotechnie tempérée de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, il n'y a donc pas de véritable logiciel d'aide à la décision destiné aux productions végétales disponible sur le marché belge.

CHAPITRE 3: OBJECTIF ET UTILITE D'UN SYSTEME D'AIDE A LA DECISION EN CULTURE DE FROMENT D'HIVER

3.1. Objectif de notre mémoire

L'objectif de notre mémoire est de construire un système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver.

Ce système, écrit en Prolog, s'appuie également sur une base de données définie en NDBS, un système de gestion de base de données défini à l'Institut d'Informatique des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix.

Notre système d'aide à la décision permettra aux exploitants agricoles de mieux gérer leurs parcelles emblavées en froment.

3.2. Explication du choix de cet objectif

Tout d'abord, même si ce logiciel est construit en respectant les principes de généralité et d'extensibilité (comme nous le verrons plus tard en analysant le schéma de la base de données), il nous était nécessaire de choisir une production agricole particulière car un système d'aide à la décision repose sur une base de règles. Et celle-ci est différente pour chaque espèce.

3.2.1 Le monde végétal

Nous avons choisi le monde végétal parce que le nombre de logiciels agricoles disponibles y est plus faible que dans le monde animal.

Nous avons également choisi ce domaine car les productions végétales sont responsables de dommages environnementaux souvent beaucoup plus indirects et plus lents, donc beaucoup plus insidieux, comparativement aux pollutions émanant des productions animales.

Le fait pour les exploitants agricoles de disposer d'un système d'aide à la décision pour leurs cultures de froment d'hiver les incitera peut-être à réfléchir davantage à la pertinence de leurs pratiques actuelles. Des pratiques qui visent à une sécurité économique maximum, mais qui mènent parfois à une diminution relativement importante du potentiel de la récolte.

3.2.2. Le froment d'hiver

Nous avons choisi le froment d'hiver parce qu'il est de loin la culture la plus pratiquée en Belgique. De plus, nous avons vu dans le chapitre 1 la concurrence qui règne sur les marchés des céréales et celui du froment en particulier, aussi bien au niveau intra-communautaire qu'au niveau mondial.

3.2.3. Recherche du maximum économique

Aujourd'hui, l'exploitant agricole est appelé à maîtriser tous ses coûts et à évaluer la pertinence économique de chaque pratique agricole.

Là où auparavant il pratiquait certains traitements préventifs de manière automatique, il est actuellement amené à réfléchir à l'intérêt de chacun de ceux-ci, en fonction des risques encourus par chaque champ et de l'importance des dommages qui pourraient résulter d'un non-traitement ou du surcoût qu'entraînerait une réaction plus tardive rendue nécessaire par l'évolution négative de la culture ou des conditions auxquelles elle est soumise.

Par exemple, une présence modérée de pucerons à un stade tardif de la croissance n'a que peu d'influence sur le développement final et sur le rendement de la récolte. Le traitement qui pourrait être fait représente de plus un coût parfois important. Il n'est donc pas utile de l'appliquer systématiquement.

L'agriculteur doit raisonner chaque action parcelle par parcelle et l'adapter en fonction des caractéristiques particulières de chacune.

L'objectif n'est pas de maximiser le rendement, mais plutôt de maximiser la valorisation financière. En effet, la recherche du rendement maximum entraînerait une hausse très importante de certains coûts, ainsi que des nuisances graves pour l'environnement, tandis que de bons rendements suffisent et permettent d'obtenir une valorisation financière maximale.

La poursuite de cet objectif de valorisation financière maximum exige moins de traitements et/ou de plus faibles doses d'engrais et de fongicides; par contre une attention permanente est nécessaire afin de déceler tout problème ou toute maladie à temps, et de pouvoir les traiter efficacement s'ils menacent réellement la récolte.

Le fait que, à tout moment, l'exploitant agricole doit être beaucoup plus attentif à l'état de ses cultures, et qu'une réaction beaucoup plus pertinente et adaptée soit nécessaire nous a aussi motivé dans le choix de cet objectif.

Nous espérons que ce système d'aide à la décision pourra aider l'agriculteur dans ses prises de décision et la gestion de ses cultures de froment, mais aussi indirectement dans la gestion du patrimoine naturel que représente sa terre.

3.3. Présentation de ce système d'aide à la décision **en culture de froment d'hiver**

Ce système d'aide à la décision est composé de deux modules distincts.

Un premier module est celui d'aide à la décision proprement dit.

L'exploitant agricole va pouvoir consulter un ensemble de fonctions qui lui donneront des conseils pour les diverses étapes de la conduite de ses cultures de froment d'hiver.

Ce module est écrit en Prolog et sera présenté en détail dans le chapitre 4.

Le second module permet à l'exploitant agricole d'enregistrer l'ensemble des actions qu'il effectue sur ses parcelles, et cela quelle que soit l'espèce cultivée: froment, betterave, pomme de terre...

Il lui permet également de consulter l'ensemble des actions effectuées sur une parcelle entre deux dates déterminées, de retrouver l'ensemble des parcelles où est cultivée telle espèce...

La base de données définie en NDBS constitue le coeur de ce module.

Elle permet bien entendu de garder en mémoire pendant plusieurs années toutes les informations relatives à une parcelle; cela permet de reconstituer l'historique de la parcelle.

On observe donc deux modules relativement indépendants l'un par rapport à l'autre.

3.4. Pourquoi cette relative indépendance entre les deux modules?

Nous voudrions expliquer pourquoi nous avons choisi de construire ces deux modules en respectant une certaine indépendance entre ceux-ci.

Nous parlons d'indépendance relative parce que le module d'aide à la décision proprement dit a idéalement besoin de mémoriser et de consulter certaines informations se trouvant dans la base de données.

Nous pensons que certains exploitants agricoles ne seront intéressés que par le premier module de notre mémoire. En effet, ils peuvent souhaiter avoir des conseils pour bien conduire leurs cultures de froment mais ne pas vouloir mémoriser les actions qu'ils exercent sur les parcelles avec le second module.

Deux raisons peuvent expliquer cela:

Soit ils possèdent déjà un logiciel de gestion (économique) de parcelles qui leur procure l'ensemble des fonctions fournies par le second module avec en plus un calcul des charges financières et une répartition de celles-ci.

Dans ce cas, c'est avec ce logiciel de gestion de parcelles qu'ils doivent continuer à enregistrer leurs actions tout en consultant notre module d'aide à la décision.

Soit ils ne sont pas encore complètement convaincus de l'intérêt des applications informatiques pour leur exploitation et même s'ils trouvent notre premier module intéressant, ils ne voient pas d'avantage à mémoriser toutes les actions exercées sur leurs parcelles dans une base de données.

Le chapitre 4 présentera le premier module d'aide à la décision, tandis que le chapitre 5 traitera du second module d'enregistrement et de consultation des parcelles et des actions qui y ont été appliquées.

CHAPITRE 4: MODULE D'AIDE A LA DECISION

Dans ce chapitre, nous allons vous présenter les différentes fonctions offertes par ce module:

- sélection des variétés
- semis
- désherbage
- lutte contre la verse
- fumure azotée
- calendrier des travaux agricoles

Pour chaque fonction, nous décrirons les principes liés à celle-ci et les données que l'utilisateur devra introduire.

Ce système d'aide à la décision se base sur l'ensemble des conseils donnés par la Faculté Agronomique de Gembloux aux exploitants agricoles.

4.1 La sélection des variétés

Principes

La première tâche de l'agriculteur est de sélectionner les cultures qu'il va pratiquer. Plusieurs facteurs vont influencer ses décisions.

Tout d'abord, il va essayer de suivre l'évolution des marchés. En effet, ses productions ne seront achetées que si elles correspondent à une demande

Il s'agit ici d'une contrainte économique. Par exemple, nous avons vu qu'au cours de ces quinze dernières années, les emblavements en céréales ont diminué pour toutes les espèces, excepté ceux de froment qui ont augmenté.

Bien sûr, les agriculteurs réagissent toujours avec un peu de retard par rapport aux demandes du secteur agro-industriel et du commerce mondial car ils doivent s'adapter.

L'exploitant agricole est aussi soumis à de nombreuses contraintes physiques.

D'une part, il doit tenir compte des caractéristiques de ses terres et des conditions climatiques auxquelles elles sont soumises.

Certaines techniques permettent bien sûr de dépasser ces limites, au moins dans une certaine mesure. On peut citer par exemple le drainage des terres trop humides, l'irrigation de nombreuses parcelles dans les régions méditerranéennes, et la large variété de produits qui permettent de lutter contre l'acidité des terres ou leur déficit en matière organique.

Mais, ces techniques sont parfois très coûteuses et réduisent d'autant la marge bénéficiaire de l'exploitation. De plus, une inadéquation trop grande entre caractéristiques naturelles de la parcelle et exigences de la culture peut épuiser totalement une terre en quelques années.

D'autre part, l'exploitant doit aussi respecter certains principes de rotation des cultures. L'objectif est de combiner, sur un cycle de 3, 4 ou parfois 5 ans, différentes cultures ayant des exigences différentes vis-à-vis du sol et permettant de conserver et d'entretenir sa richesse naturelle en matière organique et en éléments divers tout en exploitant économiquement cette terre et en obtenant de très bonnes récoltes pour chacune des cultures pratiquées au cours de cette rotation.

Tenant compte de ces principes et de ces contraintes, l'agriculteur va ainsi déterminer la surface qu'il veut emblaver en froment, ainsi que les parcelles où il le cultivera.

Pour chaque champ il doit alors déterminer la variété qu'il va semer.

Plusieurs principes sont à respecter:

1. Il lui faut tout d'abord déterminer la destination souhaitée de la récolte. Si elle est destinée à l'alimentation animale il se tournera vers une variété à grand rendement. Tandis que la transformation industrielle (meunerie, boulangerie, amidonnerie, biscuiterie...) exige des froments de qualité respectant certains critères précis.

Chaque variété possède ses caractéristiques propres en ce qui concerne le rendement et la qualité boulangère. C'est donc un premier critère de choix.

Mais il faut signaler l'influence très importante du climat sur la croissance et les caractéristiques finales du froment récolté, et donc la part d'incertitude qui régit toute production agricole. Ainsi, une variété qui donne en général du grain de très bonne qualité boulangère peut, suite à des conditions climatiques très défavorables, ne produire que du grain médiocre et tout juste bon à l'alimentation animale.

L'agriculteur sait très bien qu'une partie plus ou moins importante de sa récolte initialement destinée à la valorisation boulangère n'aura pas la qualité suffisante et rejoindra le circuit alimentation animale où elle lui sera payée moins cher

2. L'exploitant doit semer plus d'une variété de froment d'hiver sur ses terres afin de répartir les risques. En effet, chaque variété réagit différemment vis-à-vis de conditions climatiques défavorables ou d'une attaque massive de parasites. Cultiver différentes variétés permet à l'agriculteur de s'assurer une récolte convenable même si l'une d'entre elles est complètement dévastée par un facteur externe défavorable imprévu ou imprévisible.

3. De même, il doit choisir les variétés de telle façon que l'arrivée à maturité des récoltes soit étalée dans le temps. On observe ainsi jusqu'à 15 jours de différence dans l'arrivée à maturité des froments d'hiver.

D'une part, cela permet d'étaler les travaux de moisson sur deux semaines, et d'autre part, cela fait partie de cette politique de répartition des risques.

En effet, il se peut qu'un temps très mauvais en juin ou juillet affecte gravement les variétés précoces, mais seulement légèrement les variétés plus tardives.

4. Il faut encore tenir compte des caractéristiques de chaque parcelle, et en particulier de sa plus ou moins grande exposition au froid, et de l'importance du risque de verse (celui-ci étant important si la culture précédente a laissé un sol très riche en azote).

De plus, si la culture précédente était déjà du froment, il faut sélectionner une variété qui supporte ce type de précédent, le sol étant moins riche en matière organique et le risque de maladies plus important.

5. Enfin, un risque important de maladies peut exister, soit sur une parcelle en particulier, par exemple si la culture précédente était du froment, soit dans une région. Il convient alors de choisir des variétés qui n'y sont pas trop sensibles.

6. S'il s'agit de semis tardifs, il faut alors employer des variétés alternatives.

Dialogue avec l'utilisateur

Pour chaque parcelle, plusieurs informations vont être demandées:

S'agit-il d'un semis tardif?

Quelle est la destination souhaitée de la récolte?

Quel a été le précédent cultural?

La parcelle contient-elle beaucoup d'azote résiduel?

Est-elle froide?

A partir de ces informations vont être déterminés les critères minimum de valeur boulangère, de résistance à la verse, de résistance au froid, et de succession à du froment si c'est le cas.

Le système demande aussi à l'utilisateur si des risques plus importants de maladie existent; dans l'affirmative, laquelle ou lesquelles de celles-ci: oïdium, rouille jaune, rouille brune, septoriose des feuilles, et maladies de l'épi.

Des critères minimum de résistance à cette(ces) maladie(s) vont alors être établis si le risque est important.

Sur base de l'ensemble de ces critères de sélection, le système va alors proposer les variétés qui y répondent et afficher leurs caractéristiques à l'écran.

Actuellement, notre système garde en mémoire dans sa base de faits les caractéristiques des 29 variétés les plus cultivées en Belgique.

Mais il est possible à l'exploitant de compléter cette base avec d'autres variétés, en utilisant une fonction de mise à jour.

L'exploitant peut alors choisir la variété qu'il va semer sur cette parcelle en n'oubliant pas les principes de diversification des variétés et d'étalement des arrivées à maturité afin de répartir les risques.

4.2. Le semis

Principes

Le semis étant la première étape dans la culture du froment, il est particulièrement décisif.

Plusieurs facteurs sont importants: la préparation du sol, la profondeur du semis, la date de semis, sa densité et la protection des semences.

Préparation du sol

Les conseils en matière de préparation du sol sont assez simples, en outre les exploitants agricoles connaissent bien leurs terres, il nous a donc semblé inutile de leur donner des conseils en ce domaine.

Nous supposons que la préparation du sol a été bien effectuée et que celui-ci est en bon état.

Profondeur de semis

Le semis doit être superficiel (1 ou 2 cm) et bien régulier.

Date de semis

La date de semis est importante. Ainsi, le froment d'hiver peut être semé de début octobre à fin décembre. Mais il est préférable que le semis ait lieu entre le 15 octobre et début novembre.

En général, plus il est précoce, plus le rendement sera important. Mais les semis trop précoces (avant le 15 octobre) entraînent souvent davantage de risques de maladies et de sensibilité au gel, ainsi qu'un renforcement nécessaire du désherbage et de la protection insecticide. Ces derniers sont donc plus coûteux.

Mais il faut ici encore souligner l'influence des conditions météorologiques sur le développement de la plante.

Ainsi, il sera souvent préférable d'attendre quelques jours pour semer plutôt que de le faire lorsque le sol est boueux

Densité de semis

La densité de semis est un facteur très important.

Or, on constate en général que les agriculteurs ont tendance à ensemençer leurs parcelles avec une trop grande densité de grains. Ils agissent ainsi parce qu'ils ont besoin de se sentir rassurés.

Non seulement le rendement de la récolte n'en est généralement pas augmenté, mais les risques de verse et de maladies sont plus importants, et l'efficacité de certains traitements est moindre car les produits n'atteignent pas autant les niveaux inférieurs des plants.

L'objectif est d'obtenir de 200 à 250 plants par m² à la sortie de l'hiver.

En résumé, la densité du semis ne dépend plus que des conditions climatiques et de la date de semis.

Toutefois, elle sera quelque peu adaptée si les terres sont plus difficiles, les conditions climatiques peu favorables ou l'énergie germinative des semences moins élevée.

De plus, si les terres sont boueuses, on conseillera à l'exploitant de retarder ses semis de quelques jours.

Dialogue avec l'utilisateur

Seront donc demandés à l'utilisateur du système:

- le caractère boueux ou non de la terre
- la date de semis
- le caractère éventuellement plus difficile du champ (froid, humide, argileux)
- les conditions météo favorables ou non
- la plus ou moins bonne énergie germinative des semences.

Lui seront données la densité de semis conseillée pour cette parcelle et les conditions particulières auxquelles elle est soumise.

La protection des semis contre les maladies, les parasites, les oiseaux et les limaces ne doit pas être négligée, mais ce système d'aide à la décision ne donne pas de conseils en cette matière car ils sont assez simples.

4.3. Le désherbage

Principes

Il existe différentes périodes pour effectuer ce désherbage:

- la préémergence
- l'émergence
- la postémergence.

En principe, la période conseillé pour le désherbage est la postémergence, qui se situe après l'hiver.

Certaines parcelles semées en octobre peuvent éventuellement être traitées en automne (préémergence et émergence), mais il est alors nécessaire de faire un traitement de rattrapage au printemps.

A l'heure où on parle de réduction des coûts de production, il convient d'être très attentif à cette étape du désherbage. En effet, un bon désherbage est nécessaire sous peine de voir le champ envahi de mauvaises herbes et d'exposer l'exploitant à des surcoûts très importants.

Bien sûr, il est possible de réduire les doses en étant plus attentif à la nature des mauvaises herbes présentes ou menaçant la culture, en choisissant les produits les plus adaptés pour lutter contre celles-ci et en appliquant les matières actives dans les meilleures conditions possibles.

Dialogue avec l'utilisateur

Notre système d'aide à la décision va demander à l'exploitant quel est le traitement qu'il souhaite consulter; il sera alors fait appel à une des 3 procédures ci-dessous.

4.3.1. Désherbage en préémergence

Ce traitement n'est possible que si le semis a été précoce (avant le 1er novembre) et si la terre est humide.

De plus, le(s) produit(s) conseillé(s) dépend(ent) de la sensibilité de la variété de froment d'hiver semée au chlortoluron et de la prévision (ou non) de fortes infestations de dicotylées.

Deux informations vont être demandées à l'utilisateur:

- la date de semis
- le caractère actuel humide ou non de la terre.

Si ces deux données respectent les conditions nécessaires pour pouvoir pratiquer ce traitement, le dialogue avec l'utilisateur va se poursuivre. Sinon, un message sera affiché à l'écran expliquant à l'exploitant que les conditions ne sont pas remplies pour permettre ce type de traitement.

Ensuite, pour permettre au système de choisir le(s) produit(s) le(s) plus approprié(s), vont être demandés à l'utilisateur:

- le caractère sensible (ou non) de la variété au chlortoluron
- la (non-)prévision de fortes infestations de dicotylées.

Sur base de ces informations, le système d'aide à la décision va proposer à l'exploitant le(s) produit(s) conseillé(s) en les affichant à l'écran.

Nous avons choisi de ne donner à l'exploitant que le nom du produit de base et non pas les produits commerciaux composés à partir de ce produit de base. Ce choix a été fait parce que les exploitants agricoles ont l'habitude d'utiliser certains produits commerciaux et que l'un ou l'autre de ceux-ci correspond certainement à la matière active conseillée par le système d'aide à la décision.

Le fait pour l'exploitant d'utiliser un produit qu'il connaît est un facteur de sécurité. Mais il va devoir être davantage attentif à sa composition, afin de calculer le dosage exact du produit commercial à appliquer.

4.3.2. Désherbage en émergence

La période d'application de ce traitement est large, mais le stade idéal se situe entre le stade céréale pointe et le stade deux feuilles. Pourtant ce type de traitement coûteux doit être réservé aux parcelles présentant le plus de risques, c'est-à-dire lorsque les semis ont été effectués tôt ou s'il s'agit d'une terre très sale.

Les conditions sont les suivantes:

- sol bien préparé et semences suffisamment enfouies
- pluviosité suffisante après le traitement
- céréale entre les stades pointe et deux feuilles

Vont être demandés à l'utilisateur:

- l'état du sol
- le stade de la céréale
- le caractère pluvieux ou non du temps à venir

Si les conditions ci-dessus sont respectées le système proposera à l'exploitant une combinaison de produits; sinon il lui rappellera les conditions non respectées pour permettre ce traitement.

4.3.3. Désherbage en postémergence

Ce traitement se compose d'un produit de base actif sur de nombreuses graminées et certaines dicotylées, qui va être complété par d'autres produits pour assurer au traitement une efficacité sur l'ensemble des adventices présentes.

Il peut être effectué de deux façons différentes:

- soit produit de base et matières associées sont appliqués simultanément
- soit seul le produit de base est appliqué, et les matières associées le seront lors d'un traitement ultérieur 3 à 4 semaines plus tard.

Le traitement de base peut être réalisé lorsque l'ensemble des conditions ci-dessous sont respectées:

- le sol n'est pas gelé en profondeur, ni gorgé d'eau
- la céréale est en bon état
- la première talle est visible

Les produits associés doivent être appliqués en même temps si certaines adventices sont déjà fort développées, sinon il est préférable de les appliquer dans un traitement ultérieur.

Vont d'abord être demandés à l'utilisateur:

- le stade de développement des plants
- l'état sanitaire de ceux-ci
- la présence de mauvaises herbes résistantes à l'isoproturon ou non
- la présence d'adventices déjà fort développées

S'il y a présence de mauvaises herbes résistantes ou d'adventices fort développées, le système demandera à l'utilisateur de préciser celles qui sont présentes.

Sur base de cette liste va lui être proposée une série de produits actifs adaptés.

4.4. La lutte contre la verse

Principes

La verse est généralement provoquée par des pluies orageuses et des vents violents. Celle-ci est favorisée par une prédisposition de la variété, un déséquilibre entre glucides et azote ou un manque de lumière dû à un semis trop dense.

L'objectif du traitement est de provoquer un épaississement des tiges et une diminution des espaces entre-noeuds, surtout à la base de la plante afin de la renforcer.

Nous avons déjà vu trois éléments qui permettent de limiter ce risque:

- choisir une variété résistante, surtout dans les parcelles dont le sol est très riche en azote
- appliquer une densité de semis modérée
- bien adapter la fumure azotée, afin d'obtenir une densité de plants pas trop élevée dans la parcelle.

Un traitement avec un régulateur de croissance ne peut être envisagé que comme complément à d'autres pratiques, comme celles définies plus haut.

De plus, les céréales doivent alors être en bon état et en pleine croissance, et les conditions climatiques favorables.

Deux types de traitements sont possibles.

Traitement de redressement

Le traitement généralement conseillé est un traitement au stade redressement, et éventuellement un traitement de rappel au stade dernière feuille si des risques importants de verse subsistent dans certaines parcelles.

Ce traitement a l'avantage d'être le moins coûteux, mais rappelons qu'il ne peut être effectué que si les conditions sont favorables.

Les produits conseillés sont:

- pour le traitement de redressement:

* soit du CCC (chlorméquat chlorure) à une dose de 460 à 900 g de matière active par ha

* soit une association de chlorméquat chlorure et d'imazaquin dont les doses conseillées sont respectivement de 400 à 800 g et de 0,8 à 1,75 g de matière active par ha.

- pour le rappel éventuel: de l'éthéphon à une dose de 180 à 240 g de matière active par ha.

Traitement dernière feuille

La seconde possibilité consiste en un traitement à base d'éthéphon entre les stades apparition de la dernière feuille et dernière feuille étalée, avec un dosage de 360 à 480 g de matière active par ha.

Celui-ci, plus coûteux, présente cependant un réel intérêt, par exemple lorsqu'un traitement n'a pu être réalisé au stade redressement à cause de mauvaises conditions climatiques.

Les dosages conseillés le sont à l'intérieur d'une fourchette; en effet, plus le risque de verse est élevé, plus le dosage doit être important.

Par contre, s'il s'agit d'une variété résistante et que les autres conditions sont très peu favorables à l'apparition de verse, le dosage minimum doit être choisi.

Dialogue avec l'utilisateur

Le système demandera à l'utilisateur quel est le type de traitement qu'il souhaite consulter: traitement au stade redressement, rappel au stade dernière feuille ou traitement au stade dernière feuille.

Selon ce choix, le système lui demandera de confirmer ou d'infirmer les diverses conditions qui doivent être vérifiées. Si les conditions sont réunies, le système proposera à l'utilisateur les règles du traitement. Dans le cas contraire il lui indiquera que ce traitement n'est pas possible.

4.5. La fumure azotée⁽²⁾

Principes

L'objectif est de fournir à tout moment au froment l'azote dont il a besoin pour assurer sa croissance.

Cet apport va être réparti en trois fractions. En plus de couvrir l'objectif ci-dessus, cela permet de mieux cerner les besoins réels de la culture dans chaque parcelle.

A chaque étape, et pour chaque parcelle, vont être observés un certain nombre de facteurs: état du milieu ou de la culture, pratiques agricoles sur la parcelle...

A partir de ceux-ci seront alors déterminés les besoins des plants jusqu'à la fraction suivante.

Grâce à cette démarche, l'augmentation du risque de verse ou de maladies est réduite, et la densité et l'état de croissance des céréales sont contrôlés régulièrement, et freinés ou renforcés selon les besoins. Cela afin de maintenir à tout moment la culture dans une situation proche de l'optimum économique de production.

De plus, cette méthode permet d'éviter les excès d'apport d'azote et est donc plus respectueuse de l'environnement, et des nappes phréatiques en particulier.

⁽²⁾ Pour le calcul de la fumure azotée, nous avons utilisé le modèle défini et préconisé par la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux.

Différents critères ont été définis:

- les caractéristiques pédo-climatiques
- la fertilité organique du sol
- le précédent
- l'état de la culture
- un correctif éventuel.

4.5.1. Les trois fractions

première fraction

La première fraction sera appliquée dès que la végétation a repris sa croissance et lors de conditions climatiques favorables (c'est-à-dire entre début et fin mars).

Deux raisons permettent d'expliquer ce choix.

On évite ainsi d'apporter cet azote lorsque le sol est gelé ou le ruissellement très important, quand l'entraînement de celui-ci vers les eaux de surfaces serait élevé.

Les besoins en azote de la culture étant faibles à ce moment, il n'y a aucun risque à retarder cet apport de quelques jours ou de quelques semaines.

La **deuxième fraction** doit être apportée au stade fin tallage redressement.

La **dernière fraction** doit être appliquée au stade dernière feuille.

4.5.2. Les critères de détermination de chaque fraction

fumure de référence

La fumure de référence est de 50 unités d'azote à la fraction de tallage, 50 à la fraction redressement et 50 à la fraction dernière feuille.

contexte pédo-climatique

Sont ici pris en compte la région géologique dans laquelle se situe la parcelle, la facilité avec laquelle a lieu son drainage naturel et la structure du sol.

Le type de cette parcelle sera défini lors de la première fraction, mais le système en aura aussi besoin pour les 2ème et 3ème fractions. Il va donc enregistrer cette information dans la base de données si l'utilisateur s'en sert; sinon, il va lui signaler le type de parcelles afin que celui-ci puisse le noter et le rappeler au système lors des fractions suivantes.

Même si le type de la parcelle est une donnée qui n'évolue pas au cours d'une saison culturale, son influence sera différente à chaque fraction. Parfois, il va entraîner une augmentation des doses d'azote à une certaine fraction, et une diminution à la fraction suivante.

caractéristique organique du sol

Cette caractéristique n'évoluera pas non plus au cours de la saison culturale; il serait donc intéressant de l'enregistrer dans la base de données afin que le système puisse la retrouver pour les 2ème et 3ème fractions.

prise en compte du précédent

Il en est de même pour cette information. Elle est stable au cours de la saison culturale bien entendu, mais ses effets seront différents d'une fraction à l'autre.

prise en compte de l'état de la culture

L'état de la culture est un facteur qui va évoluer au fur et à mesure de son développement; il est donc nécessaire de le déterminer à chaque fraction.

Pour la fraction tallage vont être pris en compte le stade de la culture, la densité en plants et les éventuels accidents cultureux subis.

A la fraction redressement, le seul critère pris en compte sera l'aspect de la végétation.

A la fraction dernière feuille, deux caractéristiques sont importantes: l'aspect de la végétation et son état sanitaire.

facteur de correction

Un facteur de correction sera éventuellement appliqué afin que la dose totale d'azote conseillée lors d'une fraction ne soit trop importante.

En effet, si plusieurs des facteurs calculés ci-dessus exigeaient une augmentation des apports en azote, il se peut que la dose totale prescrite soit alors beaucoup trop forte.

Ce facteur de correction tient compte des interactions entre les autres facteurs et permet de conseiller la dose optimale de fumure à appliquer.

Il faut aussi signaler que le système conseillera parfois de reporter une certaine dose de la deuxième à la troisième fraction. Si le module de gestion de la base de données est utilisé par l'exploitant, cette information sera alors mémorisée dans la base et consultée à la troisième fraction; sinon, l'information sera demandée à l'utilisateur lors de la détermination de la 3ème fraction.

calcul de la dose à appliquer

A partir de ces différents facteurs et de la fraction à établir, le système va alors calculer la dose d'azote à appliquer et l'afficher à l'écran.

4.6. Le calendrier des travaux agricoles

Le système d'aide à la décision propose aussi un tableau récapitulatif rappelant à l'utilisateur les travaux agricoles et la période à laquelle ils doivent être exécutés.

CHAPITRE 5: DESCRIPTION DE LA BASE DE DONNEES

Dans ce chapitre, nous voulons présenter l'environnement dans lequel nous travaillons, le schéma conceptuel de la base de données, ses spécifications et son schéma NDBS.

5.1. Environnement de la base de données

Culture

L'élément central de cette base de données est le concept de culture.

Une variété d'une espèce est cultivée durant une saison culturale. Cette saison culturale commence à une certaine date et se termine à une autre.

Cette culture succède à une culture précédente.

Elle a un objectif. Une culture de froment, par exemple, peut être destinée soit à la valorisation boulangère, soit à l'alimentation animale; une autre de betterave, soit à la consommation animale, soit à la transformation en sucre...

Nous avons considéré que la présence importante ou non d'un reliquat d'azote dans un champ était une caractéristique de la culture qui y est pratiquée; en effet, ce facteur est très variable d'une saison culturale à la suivante, mais il n'évolue que lentement au cours d'une même saison.

Champ

Une culture est pratiquée dans un champ.

Celui-ci est caractérisé par une situation géographique (nom de lieu-dit, village...), par une superficie, une certaine exposition au soleil et son caractère éventuellement froid. Cette dernière caractéristique - liée principalement à la nature argileuse ou plus humide du terrain - est considérée comme un attribut du champ car il est durable et n'évolue pas avec le temps, contrairement au reliquat d'azote.

Exploitation agricole

Ce champ appartient à une exploitation agricole qui se caractérise par un nom, une adresse et un propriétaire.

Climat

Cette exploitation est soumise au climat. A une certaine date, sont observées une certaine pluviosité, une température minimum et une température maximum.

Définir le concept de climat de cette manière permet d'enregistrer en détail la variation de celui-ci. Ainsi, l'exploitant agricole enregistrera les changements importants de climat: premières gelées nocturnes, gelées tardives, canicules, pluies importantes, manque de pluie...

Nous considérons que le climat est identique pour l'ensemble des champs d'une exploitation, en faisant l'hypothèse que ceux-ci ne sont pas éloignés de plus de quelques kilomètres l'un de l'autre.

Si une très grosse exploitation exploite différents sites répartis dans des régions climatiques différentes, il lui suffit alors de considérer chaque site comme une exploitation à elle seule.

Observation

Sur une culture sont effectuées des observations.

Chaque observation est effectuée à une certaine date et peut porter sur la structure du sol, son humidité, le stade de développement atteint par la plante, son aspect, le fait qu'elle soit en forte croissance ou non, ou tout autre élément qui paraît important à l'exploitant agricole.

Problème

Certains problèmes peuvent également être décelés sur une culture. Un problème est observé à une certaine date, il est d'un certain type (manque d'azote, manque d'eau, rouille jaune, verse...) et peut être décrit plus en détail.

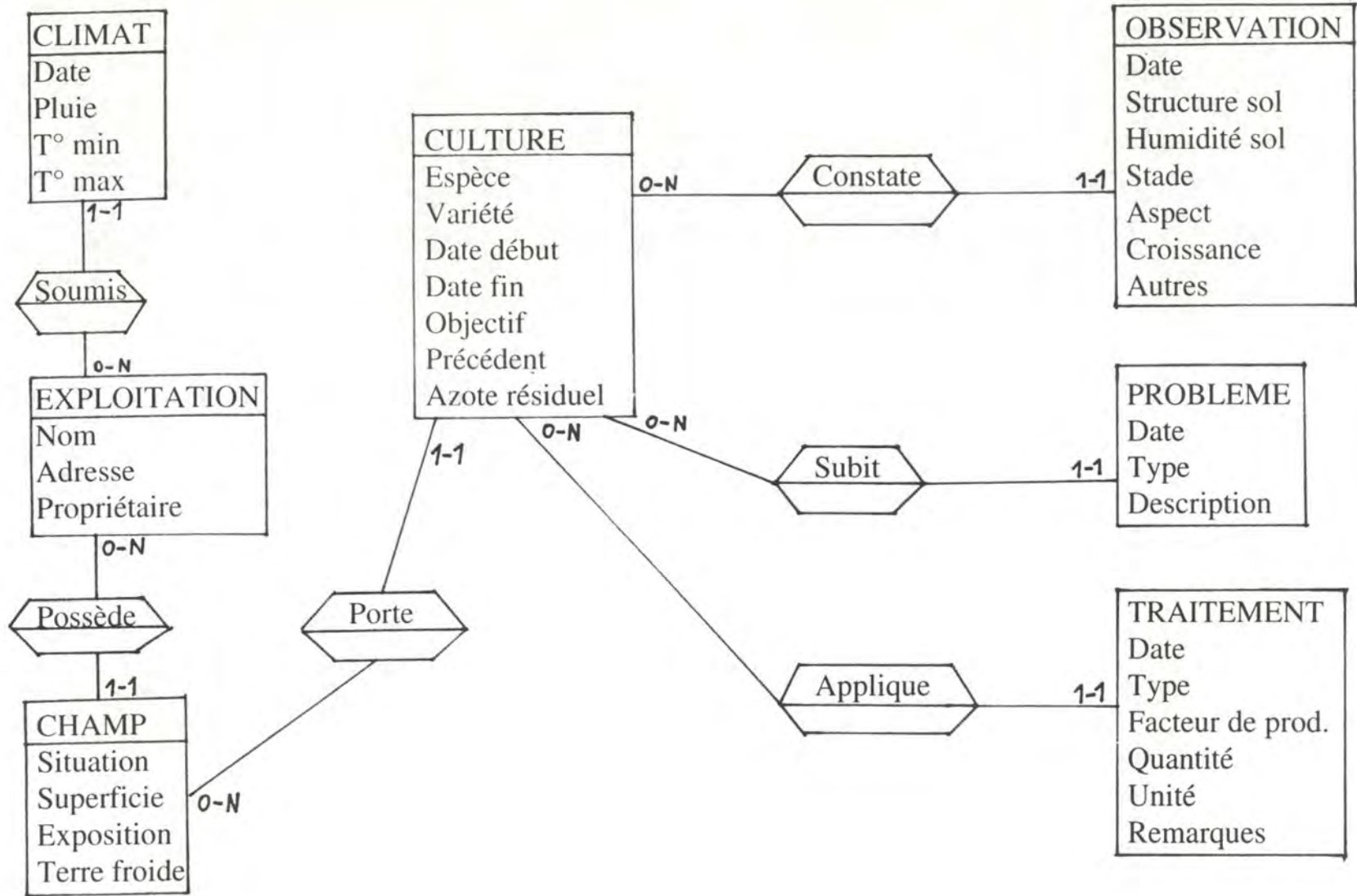
Traitement

Enfin, de nombreux traitements sont effectués sur une parcelle.

Nous donnons un sens très large à cette notion de traitement. En effet, celle-ci couvrira aussi bien la préparation du sol que le semis, l'apport de fumure, un traitement fongicide, un hersage ou la récolte.

Un traitement est effectué à une certaine date. Il est d'un certain type. Une certaine quantité de facteur de production (engrais azoté, produit fongicide, heures de machines...) est employée. Cette quantité utilisée est exprimée dans une unité déterminée (kg, litre, heure...).

L'exploitant souhaite peut-être aussi enregistrer une description plus précise du traitement ou des informations complémentaires.



5.3. Spécifications de la base de données

entité CULTURE

La culture est le concept central de cette base de données.

Elle consiste en l'exploitation d'une variété d'une espèce. Elle est caractérisée par une date de début de culture et une date de fin de culture. Elle poursuit un objectif, et succède à une culture précédente qui a peut-être laissé dans le sol un reliquat important d'azote.

Elle est effectuée sur un champ, donne lieu à certaines observations, à la détection de certains problèmes, et à de nombreux traitements.

identifiant:	cult.num	numéro de la culture
attributs:	cult.esp	espèce végétale cultivée
	cult.var	variété de cette espèce
	cult.ddeb	date de début de cette culture
	cult.dfin	date de fin de cette culture
	cult.obj	objectif ou destination de cette culture
	cult.prec	espèce cultivée précédente
	cult.raz	reliquat important éventuel d'azote

entité CHAMP

Un champ appartient à une exploitation. Il est caractérisé par une situation géographique, une superficie, une exposition et un caractère éventuellement plus froid.

identifiant:	ch.num	numéro du champ
attributs:	ch.sit	situation du champ
	ch.sup	superficie du champ
	ch.exp	exposition du champ
	ch.fro	caractère froid éventuel de la terre (plus humide ou argileux)

entité EXPLOITATION

Une exploitation possède des champs et est soumise à un climat.

identifiant:	exp.nom	dénomination de l'exploitation
attributs:	exp.adr	adresse de l'exploitation
	exp.pro	coordonnées du propriétaire

entité CLIMAT

Cette entité permet d'enregistrer les conditions climatiques qui règnent sur une exploitation. La périodicité de ces observations peut être déterminée par l'exploitant. Ainsi, il va pouvoir choisir d'enregistrer les conditions climatiques tous les trois jours ou chaque semaine, ou aussi uniquement lorsque des conditions exceptionnelles sont présentes.

identifiant:	cli.num	numéro de l'observation climatique
attributs:	cli.dat	date d'observation
	cli.plu	pluviosité pour la période considérée
	cli.tmin	température minimum de la période
	cli.tmax	température maximum

entité OBSERVATION

Cette entité permet d'enregistrer les observations effectuées dans une culture.

identifiant:	obs.num	numéro de l'observation
attributs:	obs.dat	date de l'observation
	obs.str	observation relative à la structure du sol
	obs.hum	observation relative à l'humidité du sol
	obs.std	stade de développement de la culture
	obs.asp	aspect de la culture
	obs.cro	observation sur la croissance plus ou moins rapide des plants
	obs.aut	autres observations

entité PROBLEME

Cette entité permet d'enregistrer le type et la description d'un problème lors de sa détection.

identifiant:	pro.num	numéro du problème
attributs:	pro.dat	date d'observation du problème
	pro.typ	type de problème
	pro.des	description du problème

entité TRAITEMENT

Cette entité permet d'enregistrer les informations relatives à un traitement.

identifiant:	trt.num	numéro du traitement
attributs:	trt.dat	date à laquelle est effectué le traitement
	trt.typ	type de traitement
	trt.fac	nom du facteur de production utilisé
	trt.qut	quantité de facteur de production employée
	trt.unt	unité dans laquelle cette quantité est exprimée
	trt.rem	compléments de description du traitement

relation APPLIQUE

Il s'agit d'une relation binaire sans attribut entre une entité TRAITEMENT et une entité CULTURE.

relation SUBIT

Il s'agit d'une relation binaire sans attribut entre une entité PROBLEME et une entité CULTURE.

relation CONSTATE

Il s'agit d'une relation binaire sans attribut entre une entité OBSERVATION et une entité CULTURE.

relation PORTE

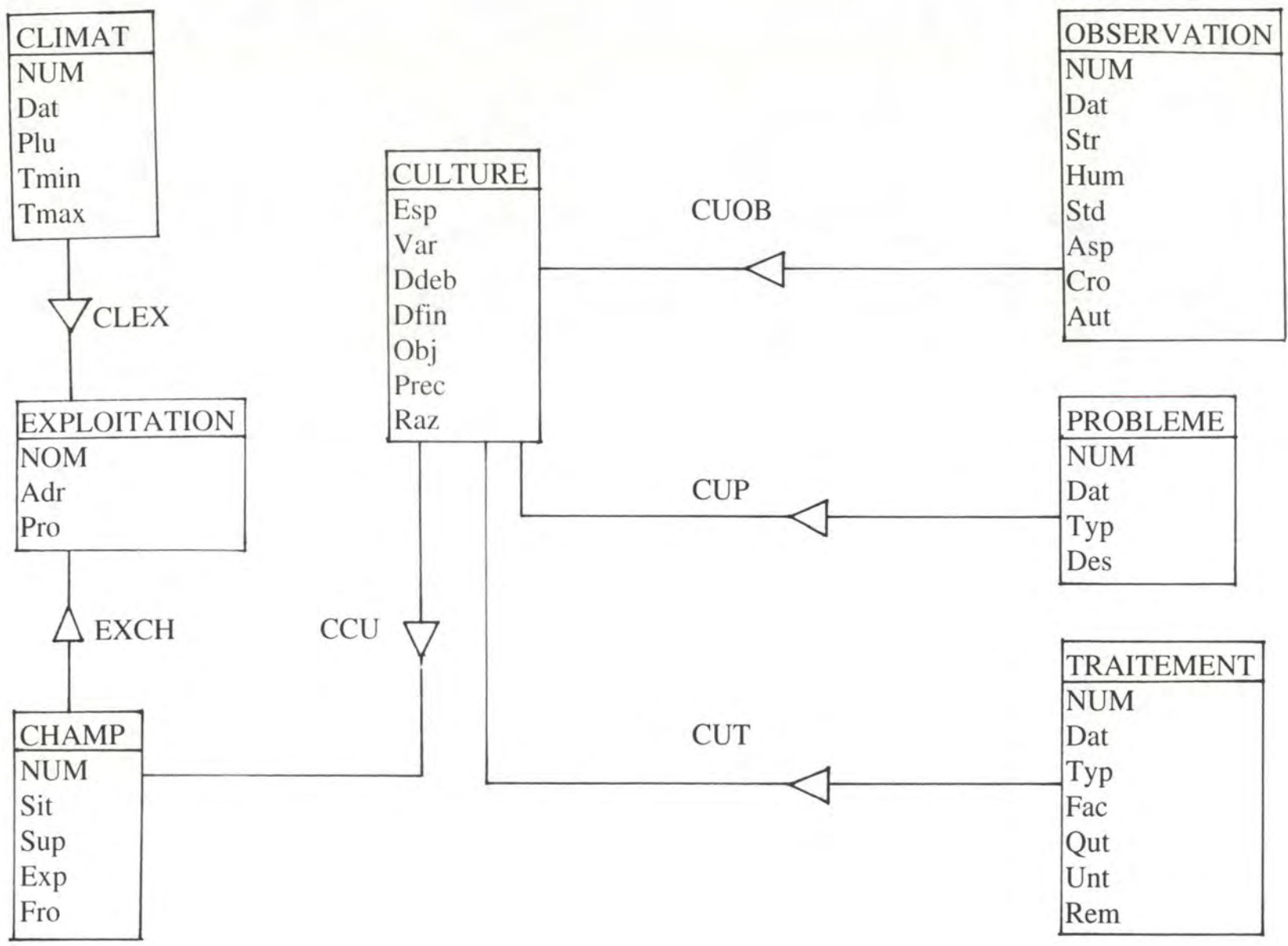
Il s'agit d'une relation binaire sans attribut entre une entité CHAMP et une entité CULTURE.

relation POSSEDE

Il s'agit d'une relation binaire sans attribut entre une entité EXPLOITATION et une entité CHAMP.

relation SOUMIS

Il s'agit d'une relation binaire sans attribut entre une entité EXPLOITATION et une entité CLIMAT.



CHAPITRE 6: FONCTIONS OFFERTES A L'UTILISATEUR

6.1. Liste des fonctions disponibles

Le module de coordination relatif à la base de données propose à l'utilisateur différentes fonctions:

1. Mise à jour d'informations
2. Consultation d'informations
3. Retour au menu principal.

Dans chacune des 2 premières fonctions nous retrouverons alors des sous-fonctions.

6.1.1.Mise à jour d'informations

A. Création d'informations:

1. Création d'une entité EXPLOITATION
2. Création d'une entité CLIMAT
3. Création d'une entité CHAMP
4. Création d'une entité CULTURE
5. Création d'une entité OBSERVATION
6. Création d'une entité PROBLEME
7. Création d'une entité TRAITEMENT

B. Suppression d'informations:

1. Suppression d'une entité CULTURE
2. Suppression d'une entité CHAMP
3. Suppression d'entités CLIMAT
4. Suppression d'une entité EXPLOITATION

C. Modification d'informations:

1. Modification d'une entité EXPLOITATION
2. Modification d'une entité CLIMAT
3. Modification d'une entité CHAMP
4. Modification d'une entité CULTURE
5. Modification d'une entité OBSERVATION
6. Modification d'une entité PROBLEME
7. Modification d'une entité TRAITEMENT

6.1.2. Consultation d'informations:

- consultation d'une culture
- consultation des observations effectuées sur une culture
- consultation des problèmes décelés sur une culture
- consultation des traitements effectués sur une culture
- consultation du champ sur lequel est effectuée une culture
- consultation des conditions climatiques subies par une culture
- consultation des cultures étant d'une espèce déterminée
- consultation des cultures touchées par un problème déterminé
- consultation des cultures sur lesquelles à été appliqué un type de traitement
- consultation des problèmes décelés entre deux dates et des cultures touchées
- consultation des traitements réalisés entre deux dates et des cultures traitées
- consultation des cultures cultivées à un moment déterminé
- consultation des cultures successives ayant été pratiquées dans un champ
- consultation des champs d'une exploitation
- consultation des informations relatives à une exploitation

6.2. Description des fonctions

6.2.1. Mise à jour d'informations

A. Création d'informations

1. Création d'une entité **EXPLOITATION**

Cette fonction permet d'introduire dans la base de données une nouvelle exploitation.

Données devant être fournies par l'utilisateur:

exp.nom: dénomination de l'exploitation

exp.adr: adresse de l'exploitation

exp.pro: coordonnées du propriétaire de l'exploitation

Modification dans la base de données:

Cette fonction vérifie qu'aucune autre exploitation ne possède déjà cette dénomination et enregistre cette nouvelle exploitation dans la base de données.

2. Création d'une entité **CLIMAT**

Cette fonction permet d'introduire dans la base de données une observation climatique effectuée dans une exploitation.

Données devant être introduites par l'utilisateur:

exp.nom: dénomination de l'exploitation où est observé ce climat

cli.dat: date d'observation

cli.plu: pluviosité

cli.tmin: température minimum

cli.tmax: température maximum

Modification de la base de données:

Cette fonction vérifie qu'il existe dans la base de données une exploitation possédant cette dénomination, et si c'est le cas crée une nouvelle entité CLIMAT ainsi qu'un chemin d'accès entre cette entité et l'entité EXPLOITATION identifiée par exp.nom.

3. Création d'une entité CHAMP

Cette fonction permet d'introduire un nouveau champ dans la base de données.

Données devant être introduites par l'utilisateur:

exp.nom: dénomination de l'exploitation à laquelle appartient
ce champ

ch.sit: situation géographique du champ

ch.sup: superficie du champ

ch.exp: exposition du champ

ch.fro: caractère éventuellement froid du champ

Modification de la base de données:

Cette fonction vérifie qu'existe dans la base de données une exploitation possédant cette dénomination. Elle crée ensuite une nouvelle entité CHAMP ainsi qu'un chemin d'accès entre cette entité et l'entité EXPLOITATION identifiée par exp.nom

4. Création d'une entité CULTURE

Cette fonction permet d'introduire une nouvelle culture dans la base de données.

Données devant être introduites par l'utilisateur:

ch.num: numéro identifiant du champ dans lequel est cultivée
cette culture

cult.esp: espèce cultivée

cult.var: variété cultivée

cult.ddeb: date de début de cette culture

cult.obj: objectif de cette culture

cult.prec: type de culture qui a précédé

cult.raz: présence éventuel d'un reliquat important d'azote

Modification de la base de données:

Cette fonction vérifie qu'existe dans la base un champ identifié par ch.num et crée ensuite une nouvelle entité CULTURE ainsi qu'un chemin d'accès entre ces deux entités.

5. Création d'une entité OBSERVATION

Cette fonction permet d'introduire une nouvelle observation dans la base de données.

Données devant être introduites par l'utilisateur:

cult.num: numéro identifiant de la culture sur laquelle est effectuée
cette observation
obs.dat: date de l'observation
obs.str: observation sur la structure du sol
obs.hum: observation sur l'humidité présente dans le sol
obs.std: stade de développement atteint par la culture
obs.asp: aspect de la plante
obs.cro: croissance ou moins rapide de la culture
obs.aut: autres observations

Modification de la base de données:

Cette fonction vérifie qu'est présente dans la base de données une entité CULTURE identifiée par cult.num. Si c'est le cas, elle crée une nouvelle entité OBSERVATION et un chemin d'accès entre ces deux entités.

6. Création d'une entité PROBLEME

Cette fonction permet d'introduire un nouveau problème dans la base de données.

Données devant être introduites par l'utilisateur:

cult.num: numéro identifiant de la culture dans laquelle est décelé
ce problème
pro.dat: date de la découverte de ce problème
pro.typ: type du problème rencontré
pro.des: description précise

Modification de la base de données:

S'il existe dans la base de données une culture identifiée par cult.num, cette fonction crée une nouvelle entité PROBLEME ainsi qu'un chemin d'accès entre ces deux entités.

7. Création d'une entité TRAITEMENT

Cette fonction permet d'introduire un nouveau TRAITEMENT dans la base de données.

Données devant être introduites par l'utilisateur:

cult.num: numéro identifiant de la culture dans laquelle est effectué
ce traitement

trt.dat: date à laquelle est effectué ce traitement

trt.typ: type de traitement

trt.fac: facteur de production employé

trt.qut: quantité utilisée

trt.unt: unité dans laquelle est exprimé le facteur

trt.rem: remarques complémentaires sur le traitement

Modification de la base de données:

S'il existe dans la base de données une culture identifiée par cult.num, cette fonction crée une nouvelle entité TRAITEMENT ainsi qu'un chemin d'accès entre ces deux entités.

B. Suppression d'informations

1. Suppression d'une entité CULTURE

Cette fonction permet à l'utilisateur d'effacer de la base de données toutes les informations relatives à une culture, c'est-à-dire non seulement cette entité elle-même mais aussi toutes les observations qui y ont été effectuées, tous les problèmes qui y ont été décelés et tous les traitements appliqués.

Au bout de 8 ou 10 ans, ces informations relatives à une culture ne sont plus pertinentes.

D'une part elles n'ont plus d'influence sur la culture en cours. D'autre part, les pratiques culturelles ayant évolué, la consultation de traitements ou d'observations effectuées 10 ans plus tôt n'est plus d'un grand intérêt pour prendre une décision quant à une culture en cours.

Donnée:

cult.num: numéro identifiant de la culture

2. Suppression d'une entité CHAMP

Cette fonction permet de supprimer toutes les informations relatives à un champ, c'est-à-dire cette entité elle-même et toutes les informations relatives aux cultures qui y ont été pratiquées.

Donnée:

ch.num: numéro identifiant du champ

3. Suppression d'entités CLIMAT

Cette fonction permet de supprimer certaines observations climatiques qui n'ont plus de signification pertinente. Elle supprime les entités CLIMAT relatives à une exploitation déterminée et antérieures à une certaine date.

Données:

exp.nom: dénomination de l'exploitation

date: date jusqu'à laquelle il faut supprimer les observations climatiques pour cette exploitation

4. Suppression d'une entité EXPLOITATION

Cette fonction permet de supprimer l'ensemble des informations relatives à une exploitation, c'est-à-dire cette entité elle-même mais aussi toutes les observations climatiques qui y ont été effectuées et toutes les informations relatives aux champs de cette exploitation.

Donnée:

exp.nom: dénomination de l'exploitation

C. Modification d'informations:

1. Modification d'une entité EXPLOITATION

Cette fonction permet à l'utilisateur de modifier certaines informations relatives à une exploitation.

Données:

exp.nom: dénomination de l'exploitation

exp.adr: adresse de l'exploitation

exp.pro: coordonnées du propriétaire

Seul ces deux derniers paramètres peuvent être modifiés car le premier est identifiant.

2. Modification d'une entité CLIMAT

Cette fonction permet de modifier les informations relatives à une entité climatique.

Données:

cli.num: numéro de l'observation climatique

cli.dat: date d'observation

cli.plu: pluviosité

cli.tmin: température minimum observée

cli.tmax: température maximum observée

Seul ces quatre derniers paramètres peuvent être modifiés, le premier étant identifiant.

3. Modification d'une entité CHAMP

Cette fonction permet de modifier les informations relatives à une entité CHAMP.

Données:

ch.num: numéro identifiant du champ
ch.sit: situation du champ
ch.exp: exposition du champ
ch.fro: caractère éventuellement froid de la terre

Seul ces trois derniers paramètres peuvent être modifiés, le premier étant identifiant.

4. Modification d'une entité CULTURE

Cette fonction permet de modifier les informations relatives à une culture.

Données:

cult.num: numéro identifiant de la culture
cult.esp: espèce cultivée
cult.var: variété cultivée
cult.ddeb: date de début de cette culture
cult.dfin: date de fin de cette culture
cult.obj: objectif de cette culture
cult.prec: type de culture qui a précédé
cult.raz: présence éventuelle d'un reliquat important d'azote

Seul ces sept derniers attributs peuvent être modifiés, le premier étant identifiant.

5. Modification d'une entité OBSERVATION

Cette fonction permet de modifier les informations relatives à une observation effectuée sur une culture.

Données:

obs.num: numéro identifiant de l'observation
obs.dat: date de l'observation
obs.str: observation sur la structure du sol
obs.hum: observation sur l'humidité présente dans le sol
obs.std: stade de développement atteint par la culture
obs.asp: aspect de la plante
obs.cro: croissance ou moins rapide de la culture
obs.aut: autres observations

Seul ces sept derniers attributs peuvent être modifiés, le premier étant identifiant.

6. Modification d'une entité PROBLEME

Cette fonction permet de modifier les informations relatives à une entité problème.

Données:

pro.num: numéro identifiant du problème
pro.dat: date d'observation du problème
pro.typ: type de problème
pro.des: description du problème

Seul ces trois derniers attributs peuvent être modifiés.

7. Modification d'une entité TRAITEMENT

Cette fonction permet de modifier les informations relatives à un traitement.

Données:

trt.num: numéro identifiant du traitement
trt.dat: date à laquelle est effectué ce traitement
trt.typ: type de traitement
trt.fac: facteur de production employé
trt.qut: quantité utilisée
trt.unt: unité dans laquelle est exprimé le facteur
trt.rem: remarques complémentaires sur le traitement

Seul ces six derniers facteurs peuvent être modifiés, le premier étant identifiant.

6.2.2. Consultation d'informations

1. Consultation d'une culture

Cette fonction permet à l'utilisateur de consulter les informations contenues dans une entité culture.

Donnée devant être introduite par l'utilisateur: cult.num

L'utilisateur doit donner le numéro (identifiant) de la culture.

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché à l'écran:

1. "La culture possédant ce numéro identifiant n'a pu être trouvée dans la base"
2. "Voici les informations sur cette culture:"
 - cult.esp: espèce végétale cultivée
 - cult.var: variété de cette espèce
 - cult.ddeb: date de début de cette culture
 - cult.dfin: date de fin de cette culture
 - cult.obj: objectif ou destination de cette culture
 - cult.prec: type de la culture précédente
 - cult.raz: reliquat important éventuel d'azote

2. Consultation des observations effectuées sur une culture

Cette fonction permet à l'utilisateur de consulter l'ensemble des observations qui ont été effectuées sur une culture entre deux dates qu'il choisit.

Données:

cult.num: numéro identifiant de la culture
date_deb: date de début de consultation
date_fin: date de fin de consultation

Message affiché à l'écran:

un des messages suivants apparaîtra à l'écran:

1. "Une culture possédant ce numéro identifiant n'a pas été trouvée."
2. "Cette culture a été trouvée, mais aucune observation n'y a été effectuée entre ces deux dates."
3. "Voici la liste des observations effectuées sur cette culture entre ces deux dates:"

avec pour chacune d'elles

obs.num: numéro de l'observation

obs.dat: date de l'observation

obs.str: observation relative à la structure du sol

obs.hum: observation relative à l'humidité du sol

obs.std: stade de développement de la culture

obs.asp: aspect de la culture

obs.cro: observation sur la croissance des plants

obs.aut: autres observations

3. Consultation des problèmes décelés sur une culture

Cette fonction permet à l'utilisateur de consulter l'ensemble des problèmes qui ont été observés sur une culture entre deux dates qu'il choisit.

Données:

cult.num: numéro identifiant de la culture

date_deb: date de début de consultation

date_fin: date de fin de consultation

Message affiché à l'écran:

Un des messages suivants apparaîtra à l'écran:

1. "Une culture possédant ce numéro identifiant n'a pas été trouvée."
2. "Cette culture a été trouvée, mais aucun problème n'y a été observé entre ces deux dates."

3. "Voici la liste des problèmes observés sur cette culture entre ces deux dates:"

avec pour chacun d'eux

pro.num: numéro du problème

pro.dat: date d'observation du problème

pro.typ: type de problème

pro.des: description du problème

4. Consultation des traitements effectués sur une culture

Cette fonction permet à l'utilisateur de consulter l'ensemble des traitements qui ont été effectués sur une culture entre deux dates qu'il choisit.

Données:

cult.num: numéro identifiant de la culture

date_deb: date de début de consultation

date_fin: date de fin de consultation

Message affiché à l'écran:

Un des messages suivants apparaîtra à l'écran:

1. "Une culture possédant ce numéro identifiant n'a pas été trouvée."

2. "Cette culture a été trouvée, mais aucun traitement n'y a été effectué entre ces deux dates."

3. "Voici la liste des traitements effectués sur cette culture entre ces deux dates:"

avec pour chacun d'eux

trt.num: numéro du traitement

trt.dat: date à laquelle est effectué le traitement

trt.typ: type de traitement

trt.fac: nom du facteur de production employé

trt.qut: quantité de facteur de production employée

trt.unt: unité dans laquelle cette quantité est exprimée

trt.rem: complément de description du traitement

5. Consultation du champ sur lequel est effectuée une culture

Cette fonction permet à l'utilisateur de consulter les informations relatives au champ sur lequel est (ou a été) effectuée une culture.

Donnée:

cult.num: numéro identifiant de la culture

Message affiché à l'écran:

Un des messages suivants apparaîtra à l'écran:

1. "Une culture possédant ce numéro identifiant n'a pas été trouvée."

2. "Voici les caractéristiques du champ:"

ch.num: numéro du champ

ch.sit: situation du champ

ch.sup: superficie du champ

ch.exp: exposition du champ

ch.fro: caractère plus froid de la terre

6. Consultation des conditions climatiques subies par une culture

Cette fonction permet à l'utilisateur de consulter les conditions climatiques qu'a subies une culture entre deux dates qu'il choisit.

Données:

cult.num: numéro identifiant de la culture

date_deb: date de début de consultation

date_fin: date de fin de consultation

Message affiché à l'écran:

Un des messages suivants apparaîtra à l'écran:

1. "Une culture possédant ce numéro identifiant n'a pas été trouvée."

2. "Cette culture a été trouvée, mais aucune observation climatique observée entre ces deux dates n'est enregistrée dans la base de données."

3. "Voici la liste des conditions climatiques observées:"

avec pour chacune d'elles:

cli.num: numéro identifiant du climat

cli.dat: date d'observation du climat

cli.plu: pluviosité pour la période considérée

cli.tmin: température minimum de la période

cli.tmax: température maximum

7. Consultation des cultures étant d'une espèce déterminée

Cette fonction permet de consulter l'ensemble des cultures étant d'une espèce déterminée (froment, maïs, pomme de terre, seigle,...) cultivées actuellement ou l'ayant été précédemment dans une exploitation donnée.

Données:

cult.esp: nom de l'espèce

exp.nom: dénomination de l'exploitation

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché:

1. "Aucune exploitation de la base de données n'est identifiée par cette dénomination."
2. "Aucune culture de cette espèce n'est enregistrée dans la base de données."
3. "Voici la liste des cultures de cette espèce:"

avec pour chacune d'elles

cult.num: numéro de la culture

cult.var: variété cultivée

cult.ddeb: date de début de culture

cult.dfin: date de fin de culture

cult.obj: objectif de la culture

cult.prec: précédent de la culture

cult.raz: reliquat d'azote

8. Consultation des cultures touchées par un problème déterminé

Cette fonction permet de consulter l'ensemble des cultures connaissant ou ayant connu un problème particulier dans une exploitation donnée.

Données:

pro.typ: type du problème

exp.nom: dénomination de l'exploitation

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché:

1. "Aucune exploitation de la base de données n'est identifiée par cette dénomination."
2. "Aucune culture enregistrée dans la base de données n'a subi ce problème."
3. "Voici la liste des cultures touchées:"

avec pour chacune d'elles les caractéristiques de la culture:

cult.num: numéro de la culture
cult.var: variété cultivée
cult.ddeb: date de début de culture
cult.dfin: date de fin de culture
cult.obj: objectif de la culture
cult.prec: précédent de la culture
cult.raz: reliquat d'azote

et les caractéristiques du problème observé:

pro.num: numéro du problème
pro.dat: date d'observation du problème
pro.typ: type du problème
pro.des: description du problème

9. Consultation des cultures sur lesquelles à été appliqué un type de traitement

Cette fonction permet de consulter l'ensemble des cultures sur lesquelles a été appliqué un type de traitement au sein d'une exploitation donnée.

Données:

trt.typ: le type du traitement
exp.nom: dénomination de l'exploitation

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché à l'écran:

1. "Aucune exploitation de la base de données n'est identifiée par cette dénomination."
2. "Aucune culture enregistrée dans la base de données n'a subi ce type de traitement."

3. "Voici la liste des cultures traitées:"

avec pour chacune d'elles les caractéristiques de la culture:

cult.num: numéro de la culture

cult.var: variété cultivée

cult.ddeb: date de début de culture

cult.dfin: date de fin de culture

cult.obj: objectif de la culture

cult.prec: précédent de la culture

cult.raz: reliquat d'azote

et les caractéristiques du traitement:

trt.num: numéro du traitement

trt.dat: date d'application

trt.typ: type de traitement

trt.fac: facteur de production utilisé

trt.qut: quantité utilisée

trt.unt: unité

trt.rem: complément de description

10. Consultation des problèmes décelés entre deux dates et des cultures touchées

Cette fonction permet à l'utilisateur de consulter l'ensemble des problèmes qui ont été enregistrés entre deux dates et les informations sur les cultures qu'ils touchent au sein d'une exploitation.

Données:

date1: date de début de consultation

date2: date de fin de consultation

exp.nom: dénomination de l'exploitation

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché à l'écran:

1. "Aucune exploitation de la base de données n'est identifiée par cette dénomination."

2. "Aucun problème n'a été enregistré entre ces deux dates."

3. "Voici les problèmes observés et les cultures touchées:"

avec pour chacun d'eux les caractéristiques de la culture et les caractéristiques du problème:

cult.num: numéro de la culture
cult.var: variété cultivée
cult.ddeb: date de début de culture
cult.dfin: date de fin de culture
cult.obj: objectif de la culture
cult.prec: précédent de la culture
cult.raz: reliquat d'azote

pro.num: numéro du problème
pro.dat: date d'observation du problème
pro.typ: type du problème
pro.des: description du problème

11. Consultation des traitements réalisés entre deux dates et des cultures traitées

Cette fonction permet à l'utilisateur de consulter l'ensemble des traitements qui ont été appliqués entre deux dates et les informations sur les cultures traitées au sein d'une exploitation.

Données:

date1: date de début de consultation
date2: date de fin de consultation
exp.nom: dénomination de l'exploitation

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché à l'écran:

1. "Aucune exploitation de la base de données n'est identifiée par cette dénomination."
2. "Aucun traitement n'a été appliqué entre ces deux dates."

3. "Voici les traitements et les cultures traitées:"

avec pour chacun d'eux les caractéristiques de la culture et les caractéristiques du traitement:

cult.num: numéro de la culture
cult.var: variété cultivée
cult.ddeb: date de début de culture
cult.dfin: date de fin de culture
cult.obj: objectif de la culture
cult.prec: précédent de la culture
cult.raz: reliquat d'azote

trt.num: numéro du traitement
trt.dat: date d'application
trt.typ: type de traitement
trt.fac: facteur de production utilisé
trt.qut: quantité utilisée
trt.unt: unité
trt.rem: complément de description

12. Consultation des cultures cultivées à un moment déterminé

Cette fonction permet de consulter toutes les cultures cultivées à une date donnée au sein d'une exploitation.

Données:

date: date choisie par l'utilisateur
exp.nom: dénomination de l'exploitation

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché à l'écran:

1. "Aucune exploitation de la base de données n'est identifiée par cette dénomination."

2. Pour chaque culture cultivée dans cette exploitation et à cette date, c'est-à-dire dont la date de début de culture est antérieure et la date de fin de culture postérieure ou absente, seront affichées:

cult.num: numéro de la culture
cult.var: variété cultivée
cult.ddeb: date de début de culture
cult.dfin: date de fin de culture
cult.obj: objectif de la culture
cult.prec: précédent de la culture
cult.raz: reliquat d'azote

13. Consultation des cultures successives ayant été pratiquées dans un champ

Cette fonction permet de consulter la succession des cultures dans un champ donné.

Donnée:

ch.num: numéro du champ

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché à l'écran:

1. "La base de données ne contient pas de champ identifié par ce numéro."
 2. "Ce champ a été trouvé, mais aucune culture n'y a été pratiquée."
 3. "Voici la liste des cultures pratiquées:"
- avec pour chacune d'entre elles

cult.num: numéro de la culture
cult.var: variété cultivée
cult.ddeb: date de début de culture
cult.dfin: date de fin de culture
cult.obj: objectif de la culture
cult.prec: précédent de la culture
cult.raz: reliquat d'azote

14. Consultation des champs d'une exploitation

Cette fonction permet de consulter l'ensemble des champs d'une exploitation.

Donnée:

exp.nom: dénomination de l'exploitation

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché à l'écran:

1. "La base de données ne contient pas d'exploitation portant cette dénomination."
2. "Cette exploitation a été trouvée, mais aucun champ n'y est enregistré."
3. "Voici la liste des champs:"

avec pour chacun d'eux:

ch.num: numéro du champ

ch.sit: situation du champ

ch.sup: superficie du champ

ch.exp: exposition du champ

ch.fro: caractère plus froid du champ

15. Consultation des informations relatives à une exploitation

Cette fonction permet de consulter les informations relatives à une exploitation.

Donnée:

exp.nom: dénomination de l'exploitation

Message affiché:

Un des messages suivants sera affiché à l'écran:

1. "La base de données ne contient pas d'exploitation portant cette dénomination."
2. "Voici les informations relatives à cette exploitation:"

exp.nom: dénomination de l'exploitation

exp.adr: adresse de l'exploitation

exp.pro: coordonnées du propriétaire de l'exploitation

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le système d'aide à la décision que nous avons construit est donc composé de deux modules distincts, d'une part le système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver proprement dit, et d'autre part un module qui permet d'enregistrer et de consulter l'ensemble des informations relatives aux différentes cultures d'une exploitation. Ce dernier s'appuie sur l'ensemble de la base de données tandis que le premier ne l'exploite que partiellement.

Système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver

Le but de ce système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver est d'assister l'exploitant agricole dans ses prises de décision relatives à ses parcelles de froment d'hiver.

A partir d'un certain nombre de facteurs: caractéristiques du sol, développement de la culture, état sanitaire, précédent..., ce système va suggérer à l'exploitant certains choix de variétés, des conseils pour le semis, les produits et l'époque de désherbage les plus adaptées, ...

Le système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver a besoin d'informations très précises pour pouvoir tirer des conclusions. Il va donc demander celles-ci à l'utilisateur. Il ne nous a pas semblé utile de consulter ces informations dans la base de données car, pour la plupart, elles n'y sont pas présentes.

De même, il ne nous a pas semblé utile d'enregistrer l'ensemble de celles-ci dans la base de données car nombre d'entre elles ne sont significatives qu'à un moment déterminé et ne seraient jamais consultées ultérieurement.

Ce système d'aide à la décision est efficace et cohérent. Il propose à l'exploitant agricole une aide dans les étapes les plus importantes de la culture de ses champs de froment.

Quelques développements sont encore possibles.

Ainsi, lorsque des conseils phytosanitaires sont donnés il serait possible de proposer non plus le nom et le dosage de la matière active de base mais plutôt ceux des produits commerciaux qui contiennent cette matière.

Dans ce cadre, une fonction permettant à l'utilisateur du système d'introduire de nouveaux produits commerciaux et leurs compositions serait aussi souhaitable car les produits commerciaux évoluent rapidement, tandis que les matières actives qui les composent présentent une plus grande stabilité et une plus longue durée d'utilisation.

Le système d'aide à la décision pourrait alors proposer à l'exploitant une liste actualisée des produits conseillés et de leur dosage lors de chaque consultation.

Il serait également possible de fournir à l'utilisateur une fonction d'aide à la reconnaissance des maladies sur base des symptômes observés sur les plants, ainsi qu'une aide à la décision concernant le(s) traitement(s) à effectuer.

De même, une fonction de conseil pour la fumure phosphopotassique est envisageable.

On pourrait également étendre le territoire d'utilisation de ce système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver.

En effet, les variétés disponibles et les produits phytosanitaires agréés ou autorisés varient parfois fortement d'un pays à l'autre. L'adaptation d'autres facteurs serait aussi requise.

Il est également possible de reprendre la structure de ce système d'aide à la décision et de l'adapter pour d'autres cultures, ou même pour un élevage de bétail.

Module de gestion de la base de données des cultures

Ce module de gestion de la base de données des cultures d'exploitations agricoles permet aux agriculteurs d'enregistrer tous les événements - prévisibles ou imprévisibles - qui peuvent survenir au cours d'une culture: climat, traitement, problème, observations diverses...

Dès qu'une information ou une observation paraît importante à l'exploitant, celui-ci va l'enregistrer dans la base de données. Il agira de même lors des traitements qu'il applique aux cultures.

Ce module propose aussi à l'utilisateur un ensemble de fonctions qui peuvent lui être très utiles pour revoir les traitements qu'il a effectués sur une culture, pour consulter l'ensemble des champs qui ont été touchés par un même problème durant les 4 ou 5 dernières années, ...

La consultation de ces informations lui permet également de comparer certaines cultures entre elles. En particulier, il lui est possible d'examiner les traitements effectués sur différentes cultures ainsi que les observations des plants, il peut alors évaluer l'efficacité des traitements.

Lorsqu'un problème se présente, il peut consulter toutes les cultures qui ont déjà été touchées par celui-ci au cours des années précédentes, la façon dont elles ont été traitées, et les observations quant aux résultats avant de prendre une décision de traitement pour la culture actuellement touchée.

Il serait intéressant de construire un système d'analyse qui permettrait d'évaluer les conséquences plus ou moins favorables d'un traitement ou d'un facteur sur l'évolution générale de la culture. Ce système s'appuierait sur les informations contenues dans la base de données pour effectuer des analyses qualitatives, quantitatives ou de corrélation.

Autres améliorations possibles

L'interface entre le système et l'utilisateur, notamment la présentation des écrans et l'introduction de donnée, pourrait encore être améliorée.

Il serait aussi utile de permettre à l'utilisateur de ce système d'aide à la décision d'imprimer certains conseils donnés par le système, par exemple le nom des variétés convenant à une parcelle, ou un ensemble de consultations effectuées dans la base de données.

Ces documents, notamment par leur commodité d'emploi, faciliteraient une réflexion plus approfondie de l'utilisateur lorsqu'il doit prendre une décision.

Tout au long du stage et de la rédaction de notre mémoire, nous avons ressenti une joie. De fait, les progrès de la science et des techniques peuvent participer au développement social et humain par l'amélioration des conditions de travail des individus et du cadre de vie des populations.

A l'aube du 21^{ème} siècle, quelle espérance motivante si l'informatique gérée par des professionnels animés de sagesse contribue à "aider l'homme à devenir Homme".

BIBLIOGRAPHIE

1. concernant les plans d'expérience en agriculture

Box George E.P., Connor Lewis R., Cousins Wilfred R., Davies Owen L., *The design and analysis of industrial experiments*, Longman, Londres, 1978.

Dagnelie P., *Principes d'expérimentation*, Presses Agronomiques de Gembloux, 1981.

Kempthorne O., *The design and analysis of experiments*, Krieger Huntington, 1979.

2. concernant les systèmes experts ou l'intelligence artificielle

Charniak E., Mc Dermott D., *Introduction to Artificial Intelligence*, Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1987.

Clocksin W.F., Mellish C.S., *Programming in Prolog*, Springer-Verlag, Berlin, 1987.

Rich E., *Artificial Intelligence*, Mc Graw-Hill, New York, 1988.

Shanti Swarup, *KRAYSAT: An expert database system for location-suitability of early sorghum crop*, Master of Technology in Computer Science Project Report, University of Hyderabad, Hyderabad, 1991.

Sterling Leon, Shapiro Ehud, *The art of Prolog*, MIT Press, 1988.

3. concernant la culture du froment

Soltner Dominique, *Les grandes productions végétales*, collection Sciences et Techniques Agricoles, Angers, 1990.

Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat et Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, *Le froment d'hiver, conduite de sa culture*, Presses Agronomiques de Gembloux, 1990.

Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat et Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, *Fumure et protection phytosanitaire des céréales*, éditions 1990, 1991, 1992, 1993 et 1994.

4. concernant l'agriculture en général

Conseil Supérieur Wallon de l'Agriculture, de l'Agro-Alimentaire et de l'Alimentation (Ministère de la Région Wallonne), *Evolution de l'économie agricole et horticole de la Région Wallonne*, 1993.

Ministère (fédéral) de l'Agriculture, *Evolution de l'économie agricole et horticole (1992-1993)*, 31^{ième} rapport présenté par le gouvernement, novembre 1993.

Ministère (fédéral) de l'Agriculture: Institut Economique Agricole, *Annuaire de statistiques agricoles 1992*, 1993.

Ministère (fédéral) de l'Agriculture: Institut Economique Agricole, *Commerce Extérieur de l'U.E.B.L. lié aux activités agricoles, horticoles et de la pêche*, (1992), 1993.

Jadot Benoît, Hannequart Jean-Pierre, Orban de Xivry Etienne, *Le droit de l'environnement: aspects juridiques de la lutte contre les pollutions et la protection de la nature*, Editions De Boeck-Wesmael, Bruxelles, 1988.

Roelants du Vivier François, *Agriculture européenne et environnement: un avenir fertile*, éditions sang de la terre, Paris, 1987.

Actes du Séminaire "Agriculture et Environnement", Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Arlon, 12-14 février 1988.

Environnement et agriculture, Fondation Roi Baudouin, 1987.

Plan Wallon des déchets 1991-1995, Cabinet du Ministre de l'environnement pour la Région Wallonne, janvier 1991.

Politiques de l'agriculture et de l'environnement: possibilités d'intégration, OCDE, Paris, 1989.

Assemblée permanente des chambres d'agriculture, *Application télématiques agricoles consultables sur Minitel*, Catalogue 1987, éditions ACTA, Paris.

Ministère de l'Agriculture de la Région wallonne, *L'informatique au service de l'agriculture*, catalogue 1993, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux.

Annexe

Cette annexe contient de larges extraits de la base de règles écrite en Prolog.

1. Lecture des données

Ces règles permettent de vérifier si la valeur introduite par l'utilisateur est bien une valeur permise. Si ce n'est pas le cas il va être demandé à celui-ci d'introduire une nouvelle valeur.

X est le nom de la variable, M est un message adressé à l'utilisateur, L est la liste des valeurs permises.

```
lecture(X,M,L):-  
    new_lec(X,M),  
    member(X,L),  
    !.
```

```
new_lec(X,M):-  
    repeat,  
    write(M),  
    read(X).
```

```
member(X,[X|_]).  
member(X,[_|Y]):-member(X,Y).
```

2. Programme principal

Ces règles assurent la coordination des différentes fonctions offertes à l'utilisateur.

```
go:-  
    affiche_menu(Fonction),  
    fonction(Fonction),  
    cuwind(&:),  
    close('Menu principal'),  
    go.
```

```
affiche_menu(Choix):-  
    crwind('Menu principal',0,0,23,78,45,57,1),  
    write('Système d'aide à la décision en culture de froment d'hiver.'),nl,  
    write('-----'),nl,  
    nl,  
    write('Ce système vous propose les fonctions suivantes:'),nl,  
    write('    1. sélection d'une variété'),nl,  
    write('    2. conseils pour le semis'),nl,  
    write('    3. conseils de désherbage'),nl,  
    write('    4. lutte contre la verse'),nl,  
    write('    5. fumure azotée'),nl,  
    write('    6. calendrier des travaux'),nl,  
    write('    0. Quitter'),nl,  
    lecture(Choix,'Votre choix? ',[0,1,2,3,4,5,6]).
```

3. Sélection des variétés

```
fonction(1):-  
    !,  
    crwind('SELECTION DE LA VARIETE',1,1,22,77,45,57,1),  
    lecture_donnees(Semtard,Objectif,Precedent,Azote_res,Froid),  
    selection_criteres(Objectif,Precedent,Azote_res,Froid,Qual,R_verse,R_hiver,From),  
    maladies(Oidium,Rouille_jaune,Rouille_brune,Sept_feuille,Mal_epi),  
    criteres_de_selection(Semtard,R_hiver,R_verse,Qual,From,Oidium,Rouille_jaune,  
                           Rouille_brune,Sept_feuille,Mal_epi),  
    cuwind(&:),  
    close('SELECTION DE LA VARIETE').
```

Lecture des données devant être introduite par l'utilisateur

```
lecture_donnees(Tardif,Destin,Preced,Azote,Froid):-  
    crwind('Données',2,2,21,75,45,57,1),nl,  
    lecture(Tardif,'S"agit-il d"un semis tardif (après le 20 novembre (o/n) ? ',[o,n]),  
    nl,  
    lecture(Destin,'Quelle est la destination de la récolte (boul/anim) ? ',[boul,anim]),  
    nl,  
    lecture(Preced,'Quel est le précédent (prairie,pommedeterre,froment,autre) ? ',  
             [prairie,pommedeterre,froment,autre]),  
    nl,  
    lecture(Azote,'Le champ contient-il beaucoup d"azote résiduel (o/n) ? ',[o,n]),  
    nl,  
    lecture(Froid,'Est-il froid (o/n) ? ',[o,n]),  
    cuwind('SELECTION DE LA VARIETE'),  
    close('Données').
```

Prise en compte du risque de maladies

```
maladies(Oid,R_j,R_b,S_f,M_e):-  
    crwind('Risques de maladies',2,2,21,75,45,57,1),nl,  
    write('Y a-t-il certaines maladies dont il faut spécialement tenir compte ? '),nl,  
    lecture(R,'votre réponse (o/n) ? ',[o,n]),  
    detail_maladies(R,Oid,R_j,R_b,S_f,M_e),  
    cuwind('SELECTION DE LA VARIETE'),  
    close('Risques de maladies').
```

```
detail_maladies('n',1,1,1,1,1).
```

```
detail_maladies('o',O,J,B,S,E):-  
    crwind('Détail',5,5,10,65,45,57,1),nl,  
    lecture(V,'Le risque d"oïdium est-il important (o/n) ? ',[o,n]),  
    attribue_valeur(V,O),  
    lecture(W,'Le risque de rouille jaune est-il important (o/n) ? ',[o,n]),  
    attribue_valeur(W,J),  
    lecture(X,'Le risque de rouille brune est-il important (o/n) ? ',[o,n]),  
    attribue_valeur(X,B),  
    lecture(Y,'Le risque de septariose est-il important (o/n) ? ',[o,n]),  
    attribue_valeur(Y,S),  
    lecture(Z,'Le risque de maladies de l"épi est-il important (o/n) ? ',[o,n]),  
    attribue_valeur(Z,E),  
    cuwind('Risques de maladies'),  
    close('Détail').
```

```
attribue_valeur('o',3).
attribue_valeur('n',1).
```

Détermination des critères à partir des paramètres introduits par l'utilisateur

```
selection_criteres(Objectif,Precedent,Azote_res,Terrain_froid,Qual,R_verse,R_hiver,From):-
    qualite_boulangere(Objectif,Qual),
    resistance_verse(Precedent,Azote_res,R_verse),
    resistance_hiver(Terrain_froid,R_hiver),
    aptitude_froment(Precedent,From).
```

Critère qualité boulangère

```
qualite_boulangere('boul',3).
qualite_boulangere('anim',1).
```

Critère résistance à la verse

```
resistance_verse(Precedent,Azote_res,R_verse):-
    not(Precedent=='prairie'),
    not(Precedent=='pomdeter'),
    not(Azote_res=='o'),
    R_verse is 1,
    !.
```

```
resistance_verse(_,_,R_verse):-
    R_verse is 2.
```

Critère froment après froment

```
aptitude_froment(Precedent,From):-
    Precedent=='froment',
    From is 2,
    !.
```

```
aptitude_froment(_,From):-
    From is 1.
```


fail.

```

imprimer_caractéristiques(Name):-
    variete(Name,R,H,V,Q,F,M,O,RJ,RB,SF,ME),
    write(Name),
    length(Name,L),tab(12-L),
    write(R),tab(10),write(H),tab(10),write(V),
    tab(10),write(Q),tab(10),write(F),tab(10),write(M),nl.

```

```

variete('Albatros',1,1,1,2,1,'normal',2,1,2,1,4).
variete('Apollo',4,2,2,1,2,'normal',1,3,1,1,3).
variete('Camp Remy',2,2,2,4,1,'normal',3,3,1,3,3).
variete('Clan',4,2,3,2,2,'tardif',4,1,3,3,3).
variete('Ekla',2,2,1,4,2,'normal',3,3,3,3,3).
variete('Estica',5,3,3,3,2,'tardif',4,3,5,4,5).
variete('Fertil',3,1,3,4,1,'normal',3,3,3,4,1).
variete('Florin',3,1,2,3,2,'normal',3,3,3,3,3).
variete('Forby',4,2,3,3,2,'tardif',3,3,1,3,2).
variete('Franco',2,3,3,4,2,'tardif',3,3,4,4,3).
variete('Gaspard',4,2,3,3,2,'précoce',2,3,1,3,3).
variete('Genesis',4,1,3,4,2,'normal',2,3,5,3,3).
variete('Genial',3,3,2,4,1,'normal',3,3,4,1,4).
variete('Hereward',4,2,3,4,1,'tardif',3,3,5,5,1).
variete('Herzog',2,2,2,4,1,'normal',2,3,2,2,1).
variete('Hussar',5,2,3,2,1,'normal',5,3,5,3,2).
variete('Minaret',3,2,1,3,1,'normal',4,3,5,4,3).
variete('Mobil',3,2,2,2,2,'tardif',1,3,5,3,3).
variete('Ramses',3,2,1,4,2,'précoce',3,3,5,2,2).
variete('Renan',1,3,3,5,2,'normal',5,3,5,5,3).
variete('Ritmo',4,2,3,3,3,'tardif',3,2,4,5,1).
variete('Runner',3,2,2,2,2,'normal',3,2,2,3,1).
variete('Sidéral',3,2,3,3,1,'précoce',1,3,3,1,4).
variete('Skirlou',4,1,3,4,1,'normal',4,3,4,3,3).
variete('Sleipner',2,3,3,2,1,'tardif',2,1,2,3,1).
variete('Soissons',3,1,3,4,1,'précoce',4,3,1,1,2).
variete('Torfrida',4,1,3,4,3,'tardif',5,3,5,5,2).
variete('Torino',4,1,2,2,2,'normal',2,3,4,3,2).
variete('Tribun',5,1,2,3,1,'normal',4,3,5,3,1).
variete('FINLISTE',_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _).

```

4. Calcul de la densité conseillée pour le semis

fonction(2):-

```
!,
crwind('LE SEMIS',1,1,22,75,45,57,1),
lecture_semis(Boue,Date,Terre_froide,Mauvais_temps,Energie),
semispossible(Boue),
calcul(Date,Terre_froide,Mauvais_temps,Energie,Densite),
crwind('DENSITE CONSEILLEE',5,5,10,65,45,57,1),
write('La DENSITE de semis CONSEILLEE pour cette terre et ces conditions'),
nl,write('est de '),write(Densite), write(' grains/m²'),
cuwind('&:'),
close('DENSITE CONSEILLEE'),
close('LE SEMIS').
```

lecture_semis(B,D,TF,MT,EG):-

```
crwind('Données',3,3,10,70,45,57,1),
nl,lecture(B,'Le champ est-il boueux (o/n) ? ',[o,n]),
nl,write('Quelle est la date de semis prévue (MMJJ) ? '),read(D),
nl,lecture(TF,'Le champ est-il froid, humide ou lourd (o/n) ? ',[o,n]),
nl,lecture(MT,'Les conditions météo sont-elles défavorables (o/n) ? ',[o,n]),
nl,lecture(EG,'Les semences ont-elles une bonne énergie germinative (o/n) ? ',[o,n]),
cuwind('LE SEMIS'),
close('Données').
```

semispossible(Boue):-

```
Boue=='o',
nl,
write('Il est préférable d''attendre que le terrain soit moins boueux.'),
nl,
!.
```

semispossible(_):-

```
nl,
write('Les conditions de la terre sont bonnes pour le semis.'),
nl.
```

calcul(Date,TF,MT,EG,Dens):-

```
calc1(Date,DB),densité en fonction de la date de semis
calc2(TF,C1),          complément si terrain froid
calc3(MT,C2),          complément si mauvais temps
calc4(EG,C3),          complément si mauvaise énergie germinative
```

Dens is DB + C1 + C2 + C3.

calc1(D,DB):-

```
>=(D,1001),
<(D,1020),
DB is 250.
!.
```

calc1(D,DB):-

```
>=(D,1020),
=<(D,1030),
DB is 275.
!.
```


calc1(D,DB):-
 >=(D,1101),
 <=(D,1110),
 DB is 325,
 !.

calc1(D,DB):-
 >=(D,1111),
 <=(D,1130),
 DB is 375,
 !.

calc1(D,DB):-
 >=(D,1201),
 <=(D,1231),
 DB is 425,
 !.

calc1(D,DB):-
 >=(D,0101),
 <=(D,0228),
 DB is 400.

calc2(F,D):-
 F='o',
 D is 30,
 !.

calc2(_,D):-
 D is 0.

calc3(MT,D):-
 MT='o',
 D is 30,
 !.

calc3(_,D):-
 D is 0.

calc4(EG,D):-
 EG='n',
 D is 20,
 !.

calc4(_,D):-
 D is 0.

5. Fonction de désherbage

fonction(3):-

```
!,
crwind('DESHERBAGE',1,1,22,78,45,57,1),
nl,write('Ce module vous propose 3 fonctions:'),nl,
write('      1. désherbage en préemergence'),nl,nl,
write('      2. désherbage en émergence'),nl,nl,
write('      3. désherbage en postemergence'),nl,nl,
write('      0. quitter cette fonction désherbage'),nl,nl,
lecture(Choix,'Votre choix? ',[1,2,3,0]),
desherb(Choix).
```

desherb(0):-

```
cuwind(&:),
close('DESHERBAGE').
```

Désherbage en préemergence

desherb(1):-

```
crwind('DESHERBAGE EN PREEMERGENCE',3,2,20,70,45,57,1),
write('Le traitement de préemergence n'est en général pas conseillé. '),nl,
write('Il n'est possible qu'en cas de semis précoce et si l'humidité du
                                     sol est suffisante. '),nl,nl,
crwind('Données',10,3,10,65,45,57,1),
lecture_preemergence(Date_semis,Terre_humide),
cuwind('DESHERBAGE EN PREEMERGENCE'),
close('Données'),
preemergence_possible(Date_semis,Terre_humide,Pos),
trt_preemerg(Pos),
fonction(3).
```

trt_preemerg('n'):-

```
!,
write('Ce traitement de désherbage en préemergence n'est pas possible, les '),nl,
write('conditions (date de semis avant le 1er novembre et terre humide)'),nl,
write('n'étant pas réunies. '),
read(Attente),
cuwind(&:),
close('DESHERBAGE EN PREEMERGENCE'),
close('DESHERBAGE').
```

trt_preemerg('o'):-

```
lecpro_preem(Sens_chl,Inf_prevue),
crwind('TRAITEMENT CONSEILLE',7,3,15,65,45,57,1),
produits(Sens_chl,Inf_prevue),read(Attente),
cuwind(&:),close('TRAITEMENT CONSEILLE'),
close('DESHERBAGE EN PREEMERGENCE'),
close('DESHERBAGE').
```

```

produits(Sens,Inf):-
    Sens='n',
    Inf='n',
    nl,write('Traiter avec chlortoluron'),
    nl,write('    à une dose de 3-3.25 l/ha d"une SC à 500 gr/l.'),
    nl,!.

```

```

produits(Sens,Inf):-
    Sens='o',
    Inf='n',
    nl,write('Traiter avec methabenzthiazuron.'),
    nl,write('    à une dose de 3-3.25 kg/ha d"une PM à 70% .'),
    nl,!.

```

```

produits(Sens,Inf):-
    Inf='o',nl,
    write('Traiter avec:'),nl,
    write(' chlortoluron (3-3.25 l/ha d"une SC à 500 gr/l)'),nl,
    write('    + AZ500 (150 cc/ha d"une SC à 500 gr/l d"isoxaben).'),nl,
    nl,
    write(' ou methabenzthiazuron (3-3.25 kg/ha d"une PM à 70%)'),nl,
    write('    + AZ500 (150 cc/ha d"une SC à 500 gr/l d"isoxaben).'),nl,
    nl,
    write(' ou isoproturon (1200 gr/ha de m.a.)'),nl,
    write('    + AZ500 (150 cc/ha d"une SC à 500 gr/l d"isoxaben).'),nl,
    nl,
    write(' ou isoproturon (1200 gr/ha de m.a.)'),nl,
    write('    + diflufenican.'),nl,nl.

```

```

lecpo_preem(Sens_chl,Inf_prevue):-
    crwind('Sensibilite',10,3,10,65,45,57,1),
    nl,
    lecture(Sens_chl,'La variété est-elle sensible au chlortoluron (o/n) ? ',[o,n]),
    nl,
    lecture(Inf_prevue,'Une forte infestation de dicotylées est-elle prévue (o/n) ? ',[o,n]),
    cuwind('DESHERBAGE EN PREEMERGENCE'),
    close('Sensibilite').

```

```

preemergence_possible(Date_semis,Ter_Hum,'o'):-
    <(Date_semis,1101),
    Ter_hum='o',
    !.

```

```

preemergence_possible(_,_, 'n').

```



```
lecture_preemergence(Date,Hum):-
    nl,
    write('A quelle date le semis a-t-il été effectué (MMJJ) ? '),
    read(Date),nl,
    lecture(Hum,'Le champ est-il suffisamment humide (o/n) ?',[o,n]),
    nl.
```

Désherbage en émergence

```
desherb(2):-
    crwind('DESHERBAGE EN EMERGENCE',1,1,22,78,45,57,1),
    nl,
    write('Le traitement en émergence n'est en général pas recommandé. '),nl,
    crwind('Données',5,2,10,70,45,57,1),
    lecture_emergence(Stade,Sol,Pluie),
    cuwind('DESHERBAGE EN EMERGENCE'),
    close('Données'),
    crwind('TRAITEMENT',2,2,20,76,45,57,1),
    traitt_emergence_possible(Stade,Sol,Pluie),
    read(Attente),
    cuwind(&:),
    close('TRAITEMENT'),
    close('DESHERBAGE EN EMERGENCE'),
    close('DESHERBAGE'),
    fonction(3).
```

```
traitt_emergence_possible(Stade,Sol,Pluie):-
    >=(Stade,10),
    <(Stade,13),
    Sol='o',
    Pluie='o',
    nl,
    write('Le traitement est possible la combinaison des produits suivants: '),nl,
    nl,write(' Defi (4-5 l/ha d"une EC à 800 g/l de prosulfocarb)'),nl,
    write(' + AZ500 (150 cc/ha d"une SC à 500 g/l d"isoxaben). '),nl,
    nl,
    write(' Ce type de traitement coûteux doit être réservé aux parcelles où les risques '),nl,
    write(' "mauvaises herbes" sont les plus élevés (semis très précoces, terres '),nl,
    write(' très sales. '),nl,nl,
    write(' A ce stade, des traitements avec des dérivés de l"urée, du diflufénican ou '),nl,
    write(' du bifénox sont dangereux, surtout en période pluvieuse. '),nl,
    !.
```

```
traitt_emergence_possible(Stade,_,_):-
    <(Stade,10),nl,
    write('La culture ne se situant pas entre les stades pointe et deux feuilles, ce traitement n"est pas possible. '),nl,
    fail.
```

```
traitt_emergence_possible(Stade,_,_):-
    >(Stade,12),nl,
    write('La culture ne se situant pas entre les stades pointe et deux feuilles, ce traitement n"est pas possible. '),nl,
    fail.
```

```

traitt_emergence_possible(_, 'n', _):-
    nl,
    write('Le sol n'est pas suffisamment préparé que pour permettre ce traitement.'),
    nl, fail.

```

```

traitt_emergence_possible(_, _, 'n'):-
    nl,
    write('Ce traitement n'est efficace qu'en période pluvieuse, il est donc déconseillé actuellement.'), nl, nl.

```

```

lecture_emergence(Stade, Sol, Pluie):-
    nl,
    write('Quel est le stade de la culture ? '),
    read(Stade), nl,
    lecture(Sol, 'Le sol est-il bien préparé (o/n) ? ', [o, n]), nl,
    lecture(Pluie, 'Est-on en période pluvieuse (o/n) ? ', [o, n]), nl.

```

Désherbage en postémurgence

```

desherb(3):-
    crwind('DESHERBAGE EN POSTEMERGENCE', 1, 1, 22, 78, 45, 57, 1),
    crwind('Données', 3, 2, 15, 70, 45, 57, 1),
    lecture_post(Stade, Etat, Resist, Devel),
    cuwind('DESHERBAGE EN POSTEMERGENCE'),
    close('Données'),
    crwind('TRAITEMENT', 3, 2, 19, 70, 45, 57, 1),
    postemergence_possible(Stade, Etat, Possible),
    fin_postemergence(Possible).

```

```

fin_postemergence('n'):-
    read(T),
    cuwind(&.),
    close('TRAITEMENT'),
    close('DESHERBAGE EN POSTEMERGENCE'),
    close('DESHERBAGE'),
    fonction(3).

```

```

fin_postemergence('o'):-
    complement(Resist,Devel),
    cuwind(&:),close('Sélection'),
    close('TRAITEMENT'),close('DESHERBAGE EN POSTEMERGENCE'),
    close('DESHERBAGE'),
    fonction(3).

```

```

postemergence_possible(Stade,Etat,'o'):-
    Stade=15,
    Etat='o',
    write('Traiter avec isoproturon.'),
    !.

```

```

postemergence_possible(Stade,_, 'n'):-
    not(Stade=15),
    write('Ce traitement ne peut être effectué. La première talle doit être visible.'),
    nl.

```

```

postemergence_possible(_, 'n', 'n'):-
    write('Ce traitement ne peut être effectué. La céréale doit etre en bon état.'),
    nl.

```

```

lecture_post(S,E,R,D):-
    write('Quel est le stade de développement de la culture ? '),
    read(S),nl,nl,
    lecture(E,'La céréale est-elle en bon état (o/n) ? ',[o,n]),nl,
    lecture(R,'Y a-t-il des mauvaises herbes assez résistantes à isoproturon (o/n) ?',[o,n]),
    nl,
    lecture(D,'Y a-t-il des adventices fort (o/n) ? ',[o,n]).

```

```

complement('o',_):-
    !,
    complement_necessaire.

```

```

complement(_, 'o'):-
    !,
    complement_necessaire.

```

```

complement(_, _):-
    write('Il n"est pas nécessaire d"associer d"autres produits à isoproturon.'),
    read(Attente).

```

```

complement_necessaire:-
    crwind('Compléments',6,3,15,65,45,57,1),
    affiche_menu,
    selection.

```

```

selection:-
    crwind('Sélection',17,4,5,64,45,57,1),
    lecture(N,'Présence ? ',[0,1,2,3,4,5,6,7]),
    traitement(N),read(Attente),
    fin_complement(N).

```



```

fin_complement(0):-
    !,
    cuwind('Compléments'),
    close('Sélection').

fin_complement(_):-
    cuwind('Compléments'),
    close('Sélection'),
    selection.

affiche_menu:-
    write('Quelles sont les mauvaises herbes présentes ?'),nl,
    write(' 1. beaucoup de graminées développées'),nl,
    write(' 2. gaillet'),nl,
    write(' 3. mouron des oiseaux'),nl,
    write(' 4. camomille matricaire'),nl,
    write(' 5. véronique'),nl,
    write(' 6. lamier'),nl,
    write(' 7. pensée'),nl,
    write(' 0. STOP').

traitement(1):-
    write('complément: Puma S ou Topik.').

traitement(2):-
    write('complément: fluroxypyr, amidosulfuron, MCPP, 2,4 DP.').

traitement(3):-
    write('complément: metsulfuron-méthyl, triasulfuron, MCPP, 2,4 DP, fluroxypur.').

traitement(4):-
    write('complément: metsulfuron-méthyl, triasulfuron, bentazon, ioxynil.').

traitement(5):-
    write('complément: bifénox, diflufénican, fluoroglycofène.').

traitement(6):-
    write('complément: bifénox, diflufénican, fluoroglycofène, metsulfuron-méthyl.').

traitement(7):-
    write('complément: bifénox, diflufénican, fluoroglycofène.').

traitement(0).

```

6.Fonction de lutte contre la verse

fonction(4):-

```
!,crwind('LUTTE CONTRE LA VERSE',1,1,22,78,45,57,1),
write(' Nous vous rappelons d'abord qu'un certain nombre de mesures préventives'),nl,
write('représentent une première protection contre la verse. '),nl,
write(' Ainsi, il est conseillé de choisir une variété résistante à la verse pour'),nl,
write('une parcelle qui lui est sensible. '),nl,
write(' De plus, une densité de semis modéré et une fumure azotée adaptée et sans'),nl,
write('excès aident aussi à réduire le risque de verse. '),nl,
nl,nl,
write('Il existe deux types de traitement: '),nl,nl,
write(' 1. traitement au stade redressement et '),nl,
write(' 2. rappel au stade dernière feuille si des risques importants subsistent. '),nl,
write(' C'est celui qui est conseillé en général. '),nl,nl,
write(' 3. traitement au stade dernière feuille. '),nl,
nl,
lecture(T,'Lequel désirez-vous consulter? ',[1,2,3]),
nl,trt_verse(T),
nl,read(Attente),
cuwind('Menu principal'),
close('LUTTE CONTRE LA VERSE').
```

trt_verse(1):-

```
nl,
lecture(S,'La culture est-elle au stade redressement (o/n) ? ',[o,n]),nl,
lecture(E,'Est-elle en bon état et en pleine croissance (o/n) ? ',[o,n]),nl,
write('Les conditions climatiques sont-elles favorables ? '),nl,
write(' - température supérieure à 10°'),nl,
write(' - ni sécheresse, ni excès d'humidité'),nl,
nl,
lecture(M,'réponse ? ',[o,n]),
conditions_trt_verse_1(S,E,M).
```

conditions_trt_verse_1(o,o,o):-

```
write('le traitement peut être réalisé'),nl,nl,
write(' soit avec CCC à une dose de 460 à 900 g de matière active par ha. '),nl,nl,
write(' soit avec une association de chlorméquat-chlorure et d'imazaquin'),nl,
write(' dont les dosages respectifs sont de 400 à 800 g et 0,8 à 1,75 g '),nl,
write(' de matière active par ha. '),
!.
```

conditions_trt_verse_1(.,.,.):-

```
write('Toutes les conditions ne sont pas remplies que pour pouvoir effectuer'),nl,
write('ce traitement. ').
```

trt_verse(2):-

```
nl,
lecture(S,'La culture est-elle au stade dernière feuille (o/n) ? ',[o,n]),nl,
conditions_trt_verse_2(S).
```

conditions_trt_verse_2(o):-

```
write(' le traitement peut être réalisé et consiste en l'application d'une dose'),nl,
write('réduite d"éthéphon de 180 à 240 g de matière active par ha. '),nl,
write(' Mais il doit être réservé aux parcelles où un risque important de verse subsiste. '),nl,
!.
```

conditions_trt_verse_2(_):-

```
write('Toutes les conditions ne sont pas remplies que pour pouvoir effectuer'),nl,
write('ce traitement.').
```

trt_verse(3):-

```
nl,
lecture(S,'La culture est-elle entre les stades apparition dernière feuille et dernière feuille
étalée (o/n) ? ',[o,n]),nl,
lecture(E,'Est-elle en bon état et en pleine croissance (o/n) ? ',[o,n]),nl,
write('Les conditions climatiques sont-elles favorables ?'),nl,
write(' - température supérieure à 10°'),nl,
write(' - ni sécheresse, ni excès d"humidité'),nl,
nl,
lecture(M,'réponse ? ',[o,n]),
conditions_trt_verse_3(S,E,M).
```

conditions_trt_verse_3(o,o,o):-

```
write(' Le traitement consiste à appliquer un produit à base d"éthéphon à une '),nl,
write('dose de 360 à 480 gr de matière active par ha. '),nl,
write(' Certains produits commerciaux y associent du chlorméquat ou du mépiquat, '),nl,
write('mais ceux-ci ne présentent que peu d"intérêt à ce stade de la culture. '),nl,
write(' Attention aussi à ne pas dépasser le stade dernière feuille étalée car un '),nl,
write('tel traitement risque alors d"influencer négativement les rendements. '),nl,
nl,!
```

conditions_trt_verse_3(_,_):-

```
write('Toutes les conditions ne sont pas remplies que pour pouvoir effectuer'),nl,
write('ce traitement.').
```


7. Fonction de conseil de fumure azotée

fonction(5):-

```
!,
crwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE',1,1,22,78,45,57,1),
crwind('Fraction',2,2,3,70,45,57,1),
lecture(FR,'De quelle fraction s'agit-il (1,2,3) ? ',[1,2,3]),
cuwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE'),close('Fraction'),
crwind('Fraction',2,2,3,70,45,57,1),
write('La fumure azotée sera calculée pour la fraction '),write(FR),
cuwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE'),
crwind('Influence de la terre',6,2,17,70,45,57,1),
determ_nder(FR,ENTER,TER),
cuwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE'),
close('Influence de la terre'),
crwind('Influence organique',4,2,19,73,45,57,1),
determ_norga(FR,NORGA,ORGA),
cuwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE'),
close('Influence organique'),
crwind('Influence du précédent',4,2,19,73,45,57,1),
determ_nprec(FR,NPREC,PREC),
cuwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE'),
close('Influence du précédent'),
crwind('Influence de l'état de la culture',6,2,17,70,45,57,1),
determ_netat(FR,NETAT),
cuwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE'),
close('Influence de l'état de la culture'),
ncorr(FR,TER,ENTER,NORGA,NPREC,NETAT,NCORR),
car_parcelle(FR,TER,ORGA,PREC),
crwind('Résultat',6,2,17,70,45,57,1),
write('FRACTION: '),write(FR),nl,
nl,
write('ENTER: '),write(ENTER),nl,
write('NORGA: '),write(NORGA),nl,
write('NPREC: '),write(NPREC),nl,
write('NETAT: '),write(NETAT),nl,
write('NCORR: '),write(NCORR),nl,
write('réfèr: 50'),nl,
write('-----'),nl,
SOM is 50 + ENTER + NORGA + NPREC + NETAT + NCORR,
write('TOTAL: '),write(SOM),
nl,read(Attente),
cuwind('&:'),
close('Fraction'),close('Résultat'),close('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE').
```

```

car_parcelle(1,TER,ORGA,PREC):-
    !,
    crwind('Caractéristiques de la parcelle',8,4,14,60,45,57,1),
    write('Notez bien ces paramètres pour les fractions suivantes !'),nl,nl,
    write('La terre de cette parcelle est de type '),write(TER),nl,nl,
    write('Elle est de type organique '),write(ORGA),nl,nl,
    write('Et de type précédent '),write(PREC),nl,
    read(Attente),
    cuwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE'),
    close('Caractéristiques de la parcelle').

car_parcelle(_,_,_,_).

```

```

ncorr(1,_,NTER,_,NPREC,NETAT,NCORR):-
    determ_ncorr(1,_,NTER + NPREC + NETAT,NCORR).

ncorr(2,TER,NTER,NORGA,NPREC,NETAT,NCORR):-
    determ_ncorr(2,TER,NTER + NORGA + NPREC + NETAT,NCORR).

ncorr(3,TER,_,_,_,NCORR):-
    determ_ncorr(3,TER,_,NCORR).

```

Détermination de NCORR pour la fraction 3

TER 0

```

determ_ncorr(3,0,_,NCORR):-
    write('A combien s"élevait la première fraction? '),read(FR1),
    write('A combien s"élevait la deuxième fraction? '),read(FR2),
    T is FR1 + FR2,
    determ3_012(T,NCORR)
    ,!.

```

```

determ3_012(T,NCORR):-
    T > 150,
    NCORR is -20,
    !.

```

```

determ3_012(T,NCORR):-
    NCORR is 0.

```

TER 1

```
determ_ncorr(3,1,_,NCORR):-  
    write('A combien s"élevait la première fraction? '),read(FR1),  
    write('A combien s"élevait la deuxième fraction? '),read(FR2),  
    T is FR1 + FR2,  
    determ3_012(T,NCORR)  
    ,!.
```

TER 2

```
determ_ncorr(3,2,_,NCORR):-  
    write('A combien s"élevait la première fraction? '),read(FR1),  
    write('A combien s"élevait la deuxième fraction? '),read(FR2),  
    T is FR1 + FR2,  
    determ3_012(T,NCORR)  
    ,!.
```

TER 3

```
determ_ncorr(3,3,_,NCORR):-  
    write('A combien s"élevait la première fraction? '),read(FR1),  
    write('A combien s"élevait la deuxième fraction? '),read(FR2),  
    write('A combien s"élève le report de 2ème fraction? '),read(REP),  
    T is FR1 + FR2 + REP,  
    determ3_3(T,REP,NCORR)  
    ,!.
```

```
determ3_3(T,REP,NCORR):-  
    T >= 150,  
    NCORR is -20 + REP,  
    !.
```

```
determ3_3(_,REP,REP).
```

TER 4

```
determ_ncorr(3,4,_,NCORR):-  
    write('A combien s"élevait la première fraction? '),read(FR1),  
    write('A combien s"élevait la deuxième fraction? '),read(FR2),  
    T is FR1 + FR2,  
    determ3_4(T,NCORR)  
    ,!.
```

```
determ3_4(T,NCORR):-  
    T >= 150,  
    NCORR is -20,  
    !.
```

```
determ3_4(T,NCORR):-  
    T > 60,  
    NCORR is 0,
```

```
determ3_4(_,20).
```


TER 5

```
determ_ncorr(3,5,_,NCORR):-  
    write('A combien s"élevait la première fraction? '),read(FR1),  
    write('A combien s"élevait la deuxième fraction? '),read(FR2),  
    T is FR1 + FR2,  
    determ3_56(T,NCORR)  
    ,!.
```

```
determ3_56(T,NCORR):-  
    T >= 120,  
    NCORR is -20,  
    !.
```

```
determ3_56(T,NCORR):-  
    T > 60,  
    NCORR is 0,  
    !.
```

```
determ3_56(_,20).
```

TER 6

```
determ_ncorr(3,6,_,NCORR):-  
    write('A combien s"élevait la première fraction? '),read(FR1),  
    write('A combien s"élevait la deuxième fraction? '),read(FR2),  
    T is FR1 + FR2,  
    determ3_56(T,NCORR)  
    ,!.
```

Détermination de NCORR pour la deuxième fraction

TER 0

```
determ_ncorr(2,0,_,NCORR):-  
    NCORR is 0,!.
```

TER 1

```
determ_ncorr(2,1,_,NCORR):-  
    NCORR is 0,!.
```

TER 2

```
determ_ncorr(2,2,_,NCORR):-  
    NCORR is 0,!.
```

TER 3

```
determ_ncorr(2,3,SOMME,NCORR):-  
    write('Quelle était la première fraction appliquée? '),  
    read(FR1),  
    TOT is FR1+50+SOMME,  
    determ_fr2_ter3(TOT,NCORR),  
    !.
```

```
determ_fr2_ter3(T,N):-  
    =<(T,120),  
    N is 0,  
    !.
```

```
determ_fr2_ter3(T,N):-
    A is 120 - T,
    N is 0,
    write('UNE CORRECTION SERA A AJOUTER A LA 3EME FRACTION: '),
    write(A),nl.
```

TER 4,5,6

```
determ_ncorr(2,_,SOMME,NCORR):-
    write('Quelle était la première fraction appliquée? '),
    read(FR1),
    TOT is FR1+50+SOMME,
    determ_fr2_ter456(TOT,NCORR).
```

```
determ_fr2_ter456(T,N):-
    =<(T,120),
    N is 0,
    !.
```

```
determ_fr2_ter456(T,N):-
    N is 120 - T.
```

Détermination de NCORR pour la première fraction

```
determ_ncorr(1,_,SOMME,NCORR):-
    determ1(SOMME,NCORR).
```

```
determ1(A,NCORR):-
    =<(A,50),
    !,
    NCORR is 0.
```

```
determ1(A,NCORR):-
    NCORR is 50 - A.
```

Détermination de NETAT pour la troisième fraction

```
determ_netat(3,NETAT):-
    write('ASPECT DE LA VEGETATION'),nl,
    write('1. Végétation trop faible ou irrégulière'),nl,
    write('2. Végétation normale'),nl,
    write('3. Végétation trop forte'),nl,
    lecture(VEG,'réponse: ',[1,2,3]),
    write('ETAT SANITAIRE DE LA CULTURE'),nl,
    write('0. Peu ou pas de maladies'),nl,
    write('1. Présence importante de maladies'),nl,
    lecture(MAD,'réponse: ',[0,1]),
    ETAT is VEG + MAD,
    dern_feuille(ETAT,NETAT).
```

```
dern_feuille(1,20).
dern_feuille(2,0).
dern_feuille(3,-20).
dern_feuille(4,-40).
```

Détermination de NETAT pour la deuxième fraction

```
determ_netat(2,NETAT):-
    write('ASPECT DE LA VEGETATION'),nl,
    write('1. Végétation trop faible ou irrégulière'),nl,
    write('2. Végétation normale'),nl,
    write('3. Végétation trop forte'),nl,
    lecture(VEG,'réponse: ',[1,2,3]),
    aspect_veg(VEG,NETAT).
```

```
aspect_veg(1,20).
aspect_veg(2,0).
aspect_veg(3,-20).
```

Détermination de NETAT pour la première fraction

```
determ_netat(1,NETAT):-
    stade_cult(C1),
    densite(C2),
    accidents(C3),
    ETAT is C1 + C2 + C3,
    determiner_netat_fr1(ETAT,NETAT).
```

```
stade_cult(S):-
    write('STADE DE LA CULTURE'),nl,
    write('1. 3 feuilles ou moins'),nl,
    write('2. Début tallage (1 talle formée)'),nl,
    write('3. Plein tallage (2 talles au moins)'),nl,
    lecture(St,'réponse: ',[1,2,3]),
    stade(St,S).
```

```
stade(1,5).
stade(2,6).
stade(3,7).
```

```
densite(D):-
    write('DENSITE EN PLANTS PAR M2'),nl,
    write('1. Densité trop faible (moins de 170 plantes par m2)'),nl,
    write('2. Densité normale'),nl,
    write('3. Densité trop forte (plus de 300 plantes par m2)'),nl,
    lecture(Dens,'Réponse: ',[1,2,3]),
    dens(Dens,D).
```

```
dens(1,-1).
dens(2,0).
dens(3,1).
```


accidents(C):-

```
write('ACCIDENTS CULTURAUX'),nl,
lecture(R,'Le sol est-il glacé ou très refermé (o/n)? ',[o,n]),
acc1(R,A1),
lecture(S,'Le semis est-il trop profond (o/n)? ',[o,n]),
acc2(S,A2),
lecture(T,'Y a-t-il déchaussement (o/n)? ',[o,n]),
acc3(T,A3),
C is A1 + A2 + A3.
```

```
acc1(o,-1).
acc1(n,0).
acc2(o,-1).
acc2(n,0).
acc3(o,-1).
acc3(n,0).
```

```
determiner_netat_fr1(1,40).
determiner_netat_fr1(2,40).
determiner_netat_fr1(3,30).
determiner_netat_fr1(4,20).
determiner_netat_fr1(5,10).
determiner_netat_fr1(6,0).
determiner_netat_fr1(7,-10).
determiner_netat_fr1(8,-20).
```

Détermination de l'influence du précédent cultural

determ_nprec(F,NPREC,PREC):-

```
!,
precedent(F,PREC),
determiner_nprec(PREC,F,NPREC).
```

precedent(1,PREC):-

```
!,
write('PRECEDENT CULTURAL'),nl,
write('1.Betteraves feuilles enfouies récoltées avant le 01-11'),nl,
write('2.Betteraves feuilles enfouies ou chicorées récoltées après le 01-11'),nl,
write('3.Betteraves feuilles enlevées récoltées avant le 01-11'),nl,
write('4.Betteraves feuilles enlevées récoltées après le 01-11'),nl,
write('Légumineuses:'),nl,
write('5.Pois protéagineux'),nl,
write('6.Pois de conserverie, haricots, féveroles'),nl,
write('7.Colza'),nl,
write('8.Lin'),nl,
write('9.Pomme de terre'),nl,
write('10.Maïs ensilage'),nl,
write('11.Chaumes'),nl,
write('12.Pailles avec azote'),nl,
write('13.Pailles sans azote ou maïs grain'),nl,
write('14.Ray grass de 2-3 ans ou prairies temporaires'),nl,
write('15.Prairie permanente récemment retournée (1-2 ans)'),nl,
nl,
lecture(PREC,'précédent ? ',[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15]).
```

```
precedent(_,PREC):-  
    crwind('Type précédent',6,5,10,65,45,57,1),  
    nl,write('Quel est le type de précédent (1,...,15) ?'),nl,  
    lecture(PREC,'?',[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15]),  
    cuwind('Influence du précédent'),  
    close('Type précédent').
```

```
determiner_nprec(1,1,0).  
determiner_nprec(1,2,10).  
determiner_nprec(1,3,0).  
determiner_nprec(2,1,10).  
determiner_nprec(2,2,10).  
determiner_nprec(2,3,-10).  
determiner_nprec(3,1,10).  
determiner_nprec(3,2,25).  
determiner_nprec(3,3,0).  
determiner_nprec(4,1,20).  
determiner_nprec(4,2,25).  
determiner_nprec(4,3,-10).  
determiner_nprec(5,1,0).  
determiner_nprec(5,2,-10).  
determiner_nprec(5,3,-10).  
determiner_nprec(6,1,-10).  
determiner_nprec(6,2,-25).  
determiner_nprec(6,3,0).  
determiner_nprec(7,1,0).  
determiner_nprec(7,2,-10).  
determiner_nprec(7,3,0).  
determiner_nprec(8,_,0).  
determiner_nprec(9,1,0).  
determiner_nprec(9,2,-15).  
determiner_nprec(9,3,-15).  
determiner_nprec(10,_,0).  
determiner_nprec(11,1,15).  
determiner_nprec(11,2,0).  
determiner_nprec(11,3,0).  
determiner_nprec(12,1,15).  
determiner_nprec(12,2,0).  
determiner_nprec(12,3,0).  
determiner_nprec(13,1,25).  
determiner_nprec(13,2,15).  
determiner_nprec(13,3,0).  
determiner_nprec(14,_, -10).  
determiner_nprec(15,_, -10).
```

Détermination de NORGA pour une fraction déterminée

```
determ_norga(F,NORGA,CL):-  
    classe_orga(F,CL),  
    determiner_norga(CL,F,NORGA).
```

Détermination de la classe organique de la parcelle

```
classe_orga(1,CL):-  
    !,  
    tab(6),write('REGIME D"APPORT DES MATIERES ORGANIQUES'),nl,  
    write('1. Restitutions organiques très faibles ou faibles, avec exportation'),nl,  
    write('des sous-produits de culture (habituellement lié à un taux en matières)'),nl,  
    write('organiques faible pour la région)'),  
    nl,  
    write('2. Restitutions organiques faibles (uniquement les résidus des cultures)'),nl,  
    write('et occasionnellement un engrais vert)'),  
    nl,  
    write('3. Restitutions organiques (enfouissement de tous les résidus de culture)'),nl,  
    write('avec pratique régulière d"engrais verts ou apport occasionnel de matière)'),nl,  
    write('résiduaire de l"élevage)'),  
    nl,  
    write('4. Restitutions de matières organiques élevées (apports réguliers de '),nl,  
    write('matières organiques résiduaire de l"élevage tous les 3 à 5 ans)'),  
    nl,  
    write('5. Apports très élevés et très fréquents de matières organiques (cas des)'),nl,  
    write('fortes charges de bétail à l"ha), ou situation après prairie permanente)'),nl,  
    write('retournée depuis moins de 10 ans; ces cas correspondent souvent à une '),nl,  
    write('teneur en humus élevée pour la région)'),  
    nl,nl,  
    lecture(CL,'réponse: ',[1,2,3,4,5]).
```

```
classe_orga(_,CL):-  
    crwind('Type organique de la parcelle',6,5,10,65,45,57,1),  
    nl,write('Quel est le type organique de la parcelle (1,...,5) ?'),nl,  
    nl,lecture(CL,' ',[1,2,3,4,5]),  
    cuwind('Influence organique'),  
    close('Type organique de la parcelle').
```



```

determiner_norga(_,1,0).
determiner_norga(1,2,20).
determiner_norga(1,3,20).
determiner_norga(2,2,10).
determiner_norga(2,3,10).
determiner_norga(3,2,0).
determiner_norga(3,3,0).
determiner_norga(4,2,-10).
determiner_norga(4,3,-10).
determiner_norga(5,2,-20).
determiner_norga(5,3,-20).

```

Détermination de l'influence de la terre pour une fraction

```

determ_nter(F,NTER,TER):-
    type_terre(F,TER),
    determiner_nter(TER,F,NTER).

```

Détermination du type de terre

```

type_terre(1,TER):-
    !,
    crwind('Région',7,3,15,68,45,57,1),
    region(REG),
    cuwind('Influence de la terre'),close('Région'),
    crwind('Drainage',7,3,15,68,45,57,1),
    drainage(DRA),
    cuwind('Influence de la terre'),close('Drainage'),
    crwind('Structure',7,3,15,68,45,57,1),
    structure(STR),
    cuwind('Influence de la terre'),close('Structure'),
    TER is REG + DRA + STR.

```

```

type_terre(_,TER):-
    crwind('Type de terre',7,3,8,70,45,57,1),
    write('A quel type de terre cette parcelle appartient-elle (0,1,...,6)?'),
    nl,lecture(TER,'?',[0,1,2,3,4,5,6]),
    cuwind('CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE'),close('Type de terre').

```

```

determiner_nter(0,1,40).
determiner_nter(0,2,20).
determiner_nter(0,3,-20).
determiner_nter(1,1,40).
determiner_nter(1,2,20).
determiner_nter(1,3,-20).
determiner_nter(2,1,30).
determiner_nter(2,2,20).
determiner_nter(2,3,-20).
determiner_nter(3,1,20).
determiner_nter(3,2,10).
determiner_nter(3,3,-10).
determiner_nter(4,_,0).

```

```

determiner_nte(5,1,-10).
determiner_nte(5,2,-20).
determiner_nte(5,3,10).
determiner_nte(6,1,-20).
determiner_nte(6,2,-30).
determiner_nte(6,3,20).

```

Structure du sol

```

structure(STR):-
    write('STRUCTURE ET ARGILE'),nl,
    write('La structure du sol est-elle mauvaise ou le sol a-t-il été abimé'),nl,
    tab(15),write('lors de la récolte précédente?'),nl,
    lecture(R1,'réponse (o/n): ',[o,n]),
    coeff_str(R1,C1),
    write('La terre est-elle argileuse ou très lourde ?'),nl,
    lecture(R2,'réponse (o/n): ',[o,n]),
    coeff_arg(R2,C2),
    STR is C1 + C2.

coeff_str(o,-1).
coeff_str(n,0).
coeff_arg(o,-1).
coeff_arg(n,0).

```

Calcul du coefficient de drainage

```

drainage(DRA):-
    write('Pour la région, le drainage de la parcelle est ?'),nl,
    tab(3),write('1. mauvais'),nl,
    tab(3),write('2. normal'),nl,
    tab(3),write('3. excellent'),nl,nl,
    lecture(D,'Drainage: ',[1,2,3]),
    coeff_dra(D,DRA).

coeff_dra(1,-1).
coeff_dra(2,0).
coeff_dra(3,1).

```

Calcul du coefficient régional

```

region(REG):-
    write('A quelle région appartient cette parcelle ?'),nl,
    tab(3),write('1. Condroz, Famenne, Thudinie, Polders'),nl,
    tab(3),write('2. Hesbaye sèche, régions de Tournai, de Courtrai et d'Audenarde'),nl,
    tab(3),write('3. au reste de la Basse et Moyenne Belgique'),nl,
    lecture(R,'Région: ',[1,2,3]),
    coeff_reg(R,REG).

coeff_reg(1,3).
coeff_reg(2,5).
coeff_reg(3,4).

```